

Серия «Начальное профессиональное образование»

В. А. ЧЕБАН

СВАРОЧНЫЕ РАБОТЫ

Издание третье

*Учебное пособие для студентов
специальных учебных заведений
подготовлено в соответствии с Государственным
образовательным стандартом начального профессионального
образования РФ и программой учебного курса*

Ростов-на-Дону



еникс
2006

УДК 621.7(075.32)
ББК 34.64я722
КГК 2360
Ч-34

Чебан В. А.

Ч-34 Сварочные работы: учеб. пособие / В. А. Чебан. — Изд. 3-е. — Ростов-на-Дону: Феникс, 2006. — 412, [1] с. : ил. — (Начальное профессиональное образование). ISBN 5-222-10332-3

Учебник написан в соответствии с стандартом преподавания данной дисциплины в начальных специальных учебных заведениях. Рассмотрены все виды сварки, необходимые инструменты и принадлежности, дефекты и контроль качества сварных соединений, техника безопасности при выполнении работ.

ISBN 5-222-10332-3

УДК 621.7(075.32)
ББК 34.64я722

© Чебан В.А., 2003
© Оформление: изд-во «Феникс», 2005

Глава 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СВАРКЕ

§ 1. Классификация различных видов сварки

Сваркой называется процесс получения неразъемного соединения каких-либо твердых материалов путем их местного плавления или пластического деформирования, в результате чего образуются прочные связи между атомами свариваемых материалов.

Сварка металлов подразделяется на различные виды по физическим, техническим и технологическим признакам.

Классификация сварки металлов по физическим признакам

Классификация по физическим признакам осуществляется в зависимости от формы энергии, используемой для образования сварного соединения. В результате сварочные процессы подразделяются на три класса:

- термический;
- термомеханический;
- механический.

К термическому классу относятся такие разновидности сварки, которые осуществляются плавлением с использованием тепловой энергии: дуговая, электронно-лучевая, электрошлаковая, плазменная, ионно-лучевая, световая, сварка тлеющим разрядом, индукционная, термитная, газовая и литевная.

К термомеханическому классу сварки относятся также ее виды, которые производятся как с использованием тепловой энергии, так и с использованием давления. Сюда относятся: контактная сварка, индукционно-прессовая, диффузионная,

газопрессовая, термокомпрессионная, дугопрессовая, шлакопрессовая, печная и термитно-прессовая.

К механическому классу сварки относятся разновидности, осуществляемые с использованием механической энергии и давления: холодная, ультразвуковая, веревком, трением и магнитно-импульсная.

Классификация сварки металлов по тепловому признакам

К тепловому признакам относятся следующие:

- способ защиты металла в зоне сварки;
- степень непрерывности процесса сварки;
- степень механизации процесса.

С точки зрения способа защиты металла различают сварку в воздухе, вакууме, различных защитных газах, под флюсом, по флюсу, в пене, с комбинированной защитой.

В качестве защитных применяют газы активные (например, углекислый газ, азот, водород, водяной пар, смеси активных газов), инертные газы (гелий, аргон, смеси аргона с гелием), а также различные смеси активных и инертных газов.

По непрерывности процесса сварки различают непрерывные и прерывистые виды; по степени механизации различают ручные, механизированные, автоматизированные и автоматические виды сварки.

§ 2. Краткая характеристика основных видов сварки

Дуговая сварка является наиболее распространенным и универсальным видом сварки. Относится к сварке плавлением.

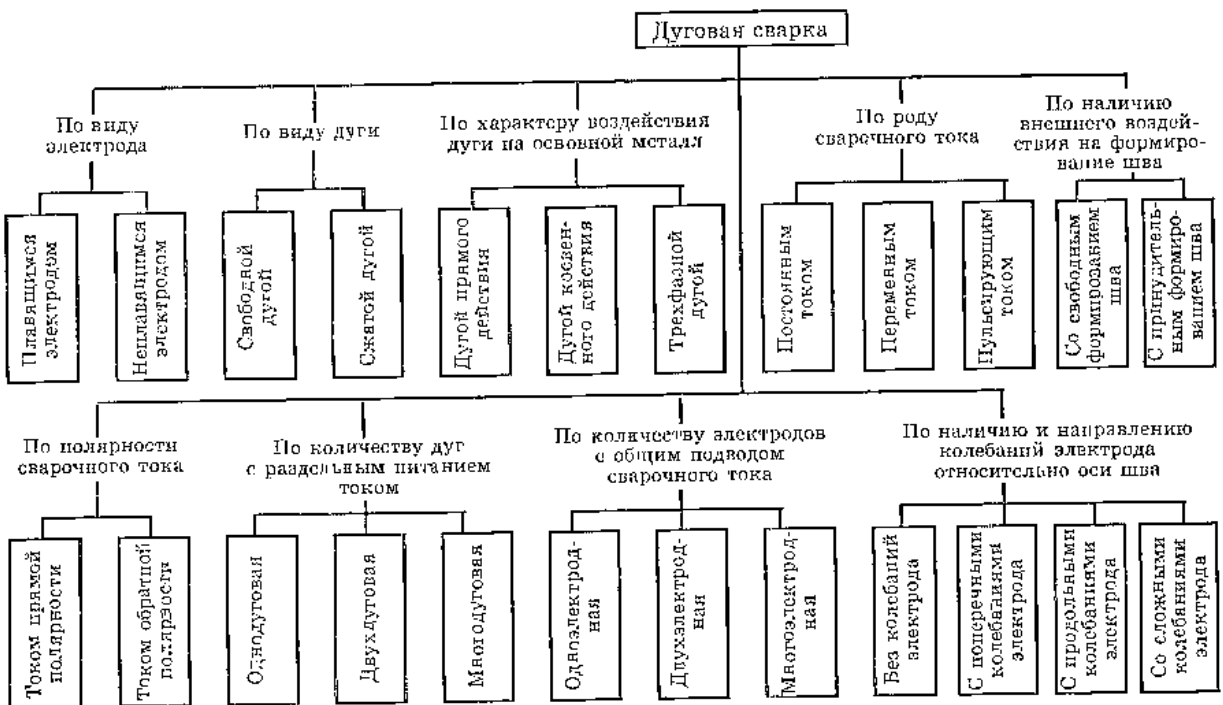


Рис. 1. Схема классификации дуговой сварки

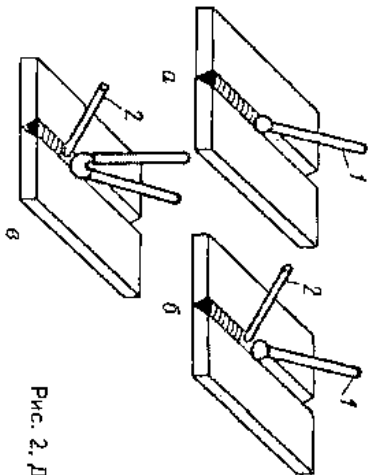


Рис. 2. Дуговая ручная сварка

Дуговая сварка может классифицироваться по целому ряду дополнительных признаков. Подобная схема классификации приведена на рис. 1.

Плавление основного и присадочного металла производится электрической дугой, горящей между электродом и металлом, который сваривают. Расплавленный оснoвной и присадочный металлы (электрод или сварочная проволока) образуют так называемую сварочную ванну; в результате кристаллизации металла сварочной ванны образуется сварной шов.

Для защиты сварного шва от окисления применяют электроды с толстым покрытием с обмазкой, выделяющей при горении дуги жидкие шлаки и восстановительные газы (например, CO ; водород).

Сварку угловыми электродами с зависимой (рис. 2, 2) или независимой (рис. 2, 6) дугой с присадочными прутками применяют ограниченно, преимущественно для сваривания тонкостенных изделий из цветных металлов.

Более широко применяют угловые электроды для дуговой резки (особенно для резки плифованных сталей).

Автоматическая дуговая сварка под слоем флюса

Этот вид сварки применяется при больших масштабах производства для соединения деталей прямыми и круговыми швами (рис. 3). Электродом служит полая сварочная проволока 1.

Производительность данного процесса в 5—10 раз выше, чем при ручной дуговой сварке; качество сварных швов также высокое.

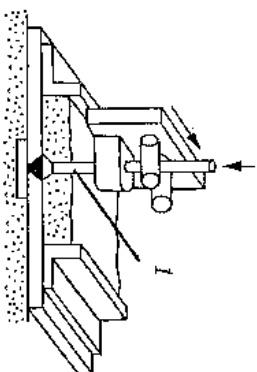


Рис. 3. Автоматическая дуговая сварка под слоем флюса

Сварка в защитных газах

Сварка осуществляется плавящимися (рис. 4, а) или неплавящимися (вольфрамовыми) электродами (рис. 4, б) в струе инертных газов.

Данный способ применяют при сваривании деталей из высоколегированных сталей, титановых, никелевых, алю-

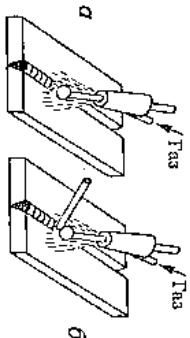


Рис. 4. Сварка в защитных газах

Минерных и магниевых сплавов. При сварке углеродистых сталей используется более дешевый углекислый газ.

Электродшлаковая сварка

В данном виде сварки плавление основного и присадочного металлов осуществляется теплом, которое выделяется при прохождении электрического тока через расплавленный шлак в течение установленвшегося процесса сварки.

Электродшлаковая сварка классифицируется по виду электрода, наличию колебаний электрода, количеству электродов и некоторым другим признакам.

Применяется для соединения массивных заготовок (корпусные детали крупных машин, резервуары высокого давления и т. п.).

Электронно-лучевая сварка

Этот вид сварки (рис. 5) выполняется в специальных камерах в вакууме потоком электронов, испускаемых вольфрамовой спиралью 1, которая питается током высокого напряжения (250 КВ), поток электронов проходит

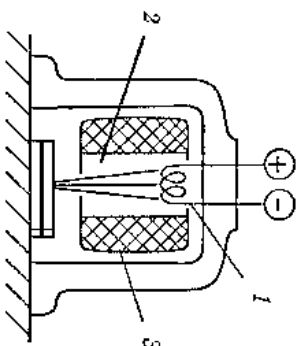


Рис. 5. Электронно-лучевая сварка

8

через кольцевой анод 2 и фокусируется собирательными электромагнитными катушками 3. Температура в фокусе достигает 10000 °С, тепло нагрева составляет от 2—3 мм до нескольких сотых миллиметра.

Плазменно-лучевая сварка

Плазменно-лучевая сварка (рис. 6) осуществляется струей нейтрального газа (азот, аргон, гелий), ионизированного при пропускании через электрическую дугу, горящую между электродом из вольфрама 1 и медным соплом 2, которое охлаждается водой. Температура по оси струи порядка 15000—18000 °С и выше.

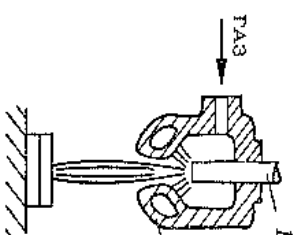


Рис. 6. Плазменно-лучевая сварка

В плазмотронных сварочных аппаратах газ ионизируют при помощи высокого частотного электромагнитного поля; при этом струя плазмы формируется электромагнитными катушками. Температура такой струи до 40000 °С.

Плазменно-лучевой сваркой режут и сваривают наиболее тугоплавкие материалы (даже керамику).

Газовая сварка

Данный вид сварки основан на плавлении основного и присадочного металлов высокотемпературным газово-кислородным пламенем. В качестве горючего для стораения в кислороде применяют самые разные газы: водород, ацетилен, пропан-бутановую смесь, пары бензина,

9

пары керосина, городской газ, природный, светлячный, коксовый, нефтяной и другие газы.

Ацетиленокислородная сварка (рис. 7) осуществляется в пламени инжекционной горелки.

Присадочным металлом служит проволока или прутики из металла, близкого по составу к металлу свариваемых деталей.

Качество соединений при ацетиленокислородной сварке ниже, чем при электродуговой сварке.

Ацетиленокислородная сварка используется в основном для сварки деталей из углеродистых сталей в мелкосерийном производстве и в полевых условиях. Очень широко применяют ацетиленокислородную резку, которая отличается большой производительностью и более высоким качеством реза, чем электродуговая резка.

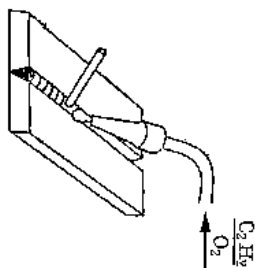


Рис. 7. Ацетиленокислородная сварка

Газопрессовая сварка

Соединяемые крошки нагреваются пламенем ацетилен-кислородной горелки и сдавливаются при помощи специального осадочного механизма (рис. 8). Этот способ широко применяется для сваривания матируемых труб в полевых условиях. Нагрев стыка осуществляется кольцеобразно расположенными горелками.

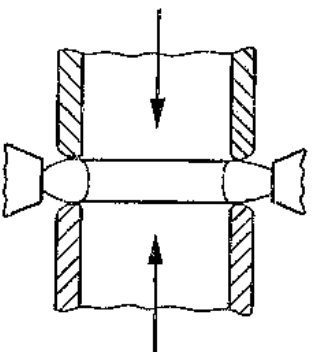


Рис. 8. Газопрессовая сварка

Контактная сварка

Сварка встык сопротивлением применяется, как правило, для соединения деталей с небольшими сечениями. Торцы деталей сжимают гидравлическим прессом, затем включают электрический ток. Металл на стыке при этом доводится до пластического состояния.

Другая разновидность контактной сварки — сварка оплавлением. При этом способе стык сначала сжимают небольшим усилием, затем включают ток. В результате на стыке образуется большое число микропустот, расплавляющих металл (рис. 9, б). После оплавления стык сжимается гидравлическим прессом (рис. 9, в). Сварку оплавлением применяют для соединения деталей больших сечений, кроме того — деталей из разнородных материалов.

Еще один вид контактной сварки — точечная сварка, подразделяемая на одностороннюю, двухстороннюю и многостороннюю.

Контактная сварка может выполняться различными видами электрического тока — постоянным, переменным, пульсирующим.

Термитная сварка

Данный способ заключается в том, что свариваемые детали помещают в огнеупорную форму, а в установленный сверху тигель заливается термит — порошкообразная смесь

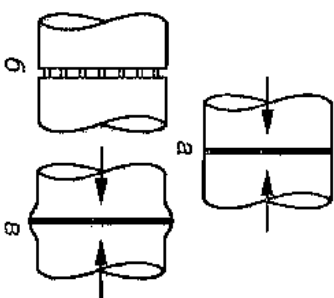


Рис. 9. Контактная сварка

алюминия с железной окислиной (железные окислы). Источником тепла служит экзотермическая реакция восстановления. При этом развивается высокая температура (более 2000 °С), образуется жидкий металл, который оплавляет кромки свариваемых изделий, заполняет зазор и образует сварочный шов (рис. 10).

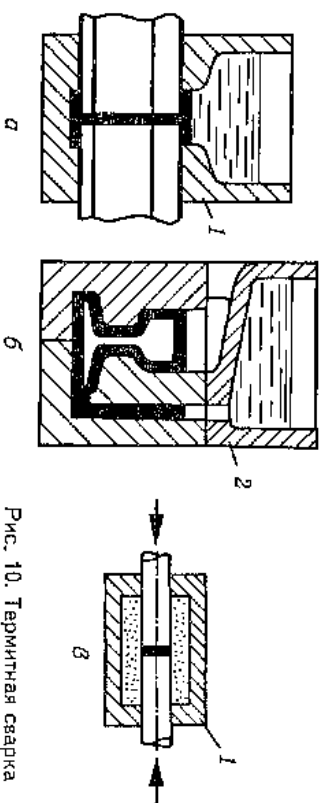


Рис. 10. Термитная сварка

Диффузионная сварка осуществляется за счет взаимной диффузии атомов контактирующих частей.

Стык свариваемых деталей 2, 4 (рис. 11) нагревают индуктором 3 и сжимают плунжером 1 в камере с глубоким вакуумом или в среде инертных газов. Для надежного соединения достаточно относительно небольшой температуры (750—800 °С).

Этим способом можно сваривать тугоплавкие жаропрочные

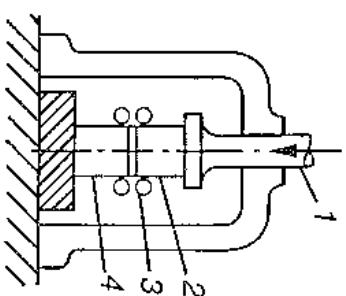


Рис. 11. Диффузионная сварка

сплавы, металлокерамику, керамику. Для сварки тонких деталей из никелевых, алюминиевых и медных сплавов, а также коррозионно-стойких сталей применяют токи радиочастотного диапазона (50—200 кГц).

Ультразвуковая сварка основана на совместном воздействии механических колебаний ультразвуковой частоты (20—30 кГц) и небольших сжимающих усилий.

Детали сжимают вприруцким зажимом 1 (рис. 12), соединенным волноводом 2 с магнитострикционным генератором колебаний 3. Высокочастотные колебания вызывают нагрев сварного стыка и диффузионное взаимопроникновение атомов соединяемых материалов.

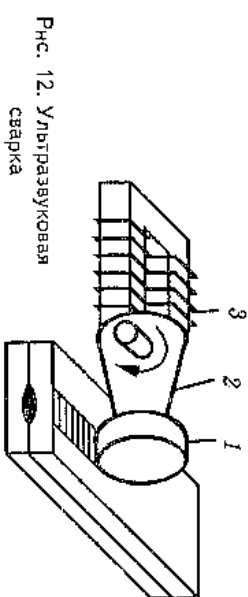


Рис. 12. Ультразвуковая сварка

Сварка трением (рис. 13) осуществляется темлом, которое выделяется при вращении одной из свариваемых деталей 1 относительно неподвижной другой детали 2 под осевым усилием.

Данный способ применяется для сварки встык мелких деталей, преимущественно цилиндрической формы.

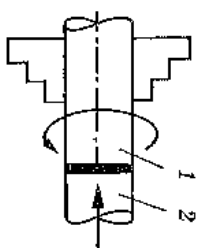


Рис. 13. Сварка трением

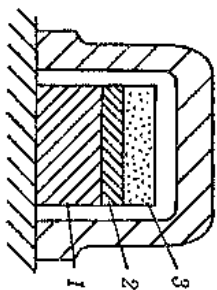
Сварка взрывом. Сварку взрывом применяют для присоединения тонких листов к массивным (например, плакирование стали медью, латунью, титановыми сплавами). На поверхность свариваемых деталей 1, 2 (рис. 14) укладывают слой взрывчатого вещества 3 и взрывают детонатором. Под давлением взрыва лист 2 прочно соединяется с основным материалом.

Рис. 14. Сварка взрывом

Печная сварка применяется для соединения деталей на цилиндрических поясах (например, при соединении труб в рамных конструкциях, при соединении фланцев к трубам).

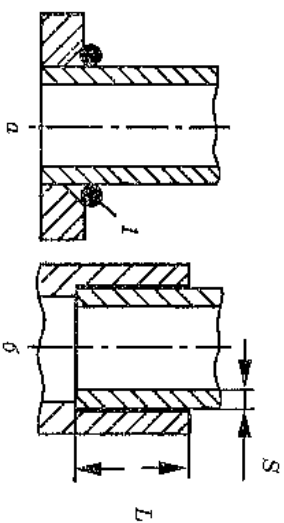


Рис. 15. Печная сварка

На стыке соединяемых деталей укладывают латуинное или бронзовое кольцо 1 (рис. 15, а) или смазывают стык специальной пастой из порошкообразной бронзы и флюса (рис. 15, б). Подготовленные таким образом детали нагревают в электропечи до температуры 1100—1150 °С.

Индукционная сварка осуществляется нагревом соединяемых кромок с помощью индуктора 1 (рис. 16, а), через который пропускают ток высокой частоты (5—20 кГц). Затем кромки сжимают специальным осадочным механизмом.

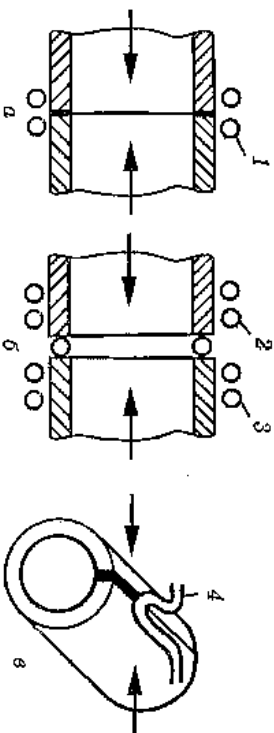


Рис. 16. Индукционная сварка

При дугоконтактной сварке трубы торцы труб нагревают токами противоположного направления с помощью двух индукторов 2, 3 (рис. 16, б). Под воздействием этих токов на стыке образуется быстро вращающаяся кольцевая дуга, расплавливающая металлы. Соединение завершается сжатием стыка.

Индукционную сварку широко применяют при автоматизированном производстве труб (рис. 16, в). При этом скатанная в трубу заготовка пропускается через индуктор 4, который нагревает стык. Затем кромки трубы сдавливаются.

Холодная сварка основана на способности кристаллов металла срастаться при значительном давлении.

Лазерная сварка производится концентрированным световым лучом, создаваемым лазером. Температура оси

луча достигает 10000°С; пятно нагрева имеет размеры от нескольких микрон до нескольких сотых миллиметра.

§ 3. Понятие о свариваемости металлов

Свариваемость в сварочном производстве называется способностью однородных и разнородных металлов (а также их сплавов) образовывать сварные соединения, которое сможет работать при заданных нагрузках, среде, температуре и других условиях.

При сварке плавлением свариваются только металлы, имеющие хорошую взаимную растворимость. Хорошо свариваются все однородные металлы, то есть сталь со сталью, чугун с чугуном, медь с медью и т. п. Медь и свинец не образуют взаимной растворимости и в расплавленном (жидком) состоянии образуют неперемешивающиеся слои, поэтому сварить медь и свинец практически невозможно. Трудно сваривается железо со свинцом, алюминий с висмутом, железо с магнием и т. д. Поэтому в таких случаях для обеспечения свариваемости разнородных металлов обычно используют третий металл, обладающий хорошей взаимной растворимостью с обоими свариваемыми металлами.

Кроме свойств основного металла, свариваемость зависит от вида и режима сварки, состава присадочного металла и флюса, от вида защитного газа. Так, например, сваривать углеродистую сталь в среде азота нельзя, потому что произойдет насыщение металла шва азотом, а в результате — старение металла. Сварка меди в азоте, наоборот, происходит благоприятно, поскольку расплавленная медь практически нейтральна к азоту.

Для определения свариваемости металлов и их сплавов на практике используется более 150 способов.

§ 4. Термическая резка металлов и сплавов

Термическая резка металлов также широко применяется в сварочном производстве.

Термическая резка металлов имеет много разновидностей, которые можно классифицировать по целому ряду признаков:

- по способу нагрева разрезаемого металла (газовый нагрев или электрический);
 - в зависимости от применения флюса — с использованием флюса или без него (кислородно-флюсовая и газовая резка);
 - по степени механизации (ручная или механизированная резка);
 - по характеру удаления металла (резка: тепловая резка — металл разделяется на части, и поверхность срезается поверхностный слой металла);
 - по виду помещения, в котором выполняется резка (в нижнем, вертикальном, потолочном).
- К электрической резке относят резку плавлением металлическим электродом, резку вольфрамовым электродом в защитном газе, кислородно-дуговую, воздушно-дуговую и плазменную.
- Газовая резка подразделяется на две группы — безфлюсовую (обычная газовая резка) и кислородно-флюсовую резку. Обычная газовая резка применяется для резки и повёрхностного строгания углеродистых сталей, а кислородно-флюсовая — для обработки легированных сталей, чугуна и цветных металлов.

Вопросы для самопроверки

1. Какой процесс называется сваркой?
2. По каким физическим признакам классифицируются сварочные процессы?

3. Приведите несколько примеров различных видов сварки.
4. Что понимают под свариваемостью металлов?
5. Назовите несколько видов термической резки металлов.

Глава 2. СВАРОЧНЫЙ ПОСТ. ИНСТРУМЕНТЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ СВАРЩИКА

§ 5. Сварочный пост

Сварочным постом называется рабочее место, оборудованное всем необходимым для производства сварочных работ. Сварочный пост укомплектовывается источником питания, электрическими проводами, электроподдержателем, шлангом или маской, а также различными инструментами и приспособлениями.

Сварочные посты могут быть стационарными и передвижными.

В зависимости от рода применяемого тока и типа источника питания сварочные посты принято подразделять на следующие виды:

- сварочные посты постоянного тока с питанием от однофазного (или многофазного) сварочного выпрямителя или сварочного преобразователя;
- сварочный пост с питанием от сварочного трансформатора.

Стационарные сварочные посты обычно представляют собой открытые сверху кабинки, в которых свариваются изделия небольших размеров. Как правило, в кабине размещается однофазный сварочный выпрямитель или трансформатор. Если используется вращающийся преобразователь постоянного тока, то из-за шума он размещается вне

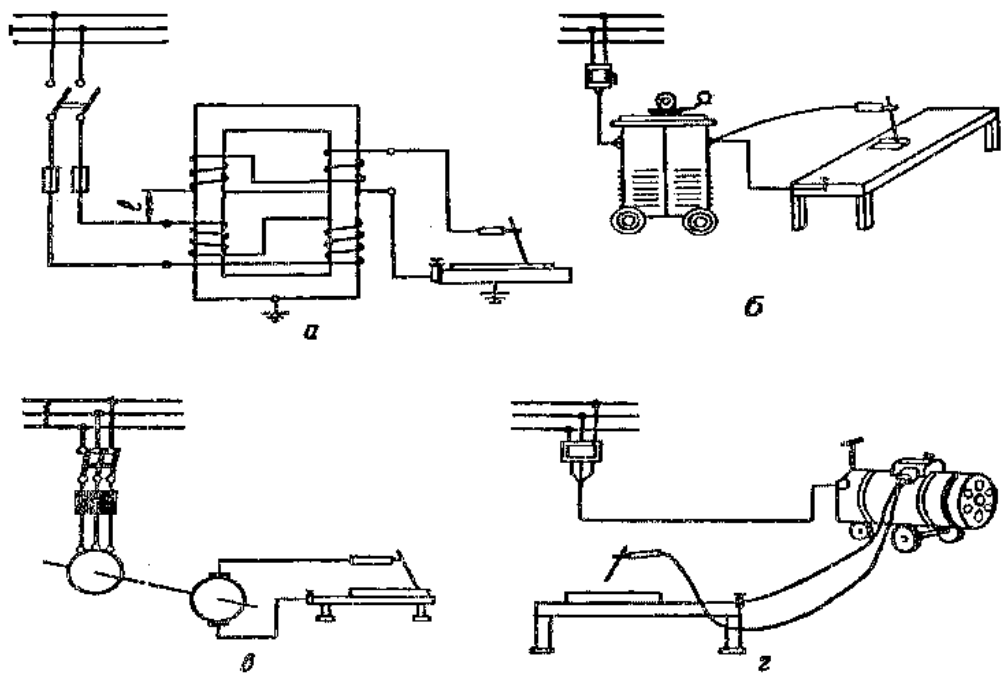


Рис. 17. Схемы сварочных постов для ручной сварки

кабины. В случае питания сварочных постов от многопостовых выпрямителей и преобразователей постоянного тока сварочный ток разводится по кабинам шинами или проводом. В кабинах устанавливаются рубильники или магнитные пускатели.

На рабочем столе, как правило, располагают приспособления для сборки и закатки свариваемых изделий, а ящики стола используются для размещения инструментов, литучных электродов и т. п. На стенке кабины подвешивается специальный сушилльный шкаф для прокалики электродов.

Передвижные сварочные посты используются для сварки крупногабаритных изделий непосредственно на строительных площадках и на производственных площадках в цехах. Для защиты источников питания от дождя и снега в этом случае устраиваются навесы, а для защиты от излучения дуги устанавливаются щиты.

На рис. 17 показаны схемы сварочных постов для ручной сварки.

§ 6. Принадлежности для сварки

Электрододержатели

Электрододержатели служат для зажатия электродов и подвода к ним сварочного тока. Электрододержатель должен удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечение быстрого и надежного закрепления электрода;
- небольшая масса (до 0,5 кг);
- удобство в работе;
- надежность изоляции от электрического тока;
- надежность изоляции от нагревания;

- обеспечение наиболее полного расплавления электродов;
- обеспечение прочного присоединения сварочного провода и надежного электрического контакта.

Существует несколько типов электрододержателей для ручной дуговой сварки (рис. 18): вилочные, пружинные, зажимные и т. д. В некоторых электрододержателях для повышения безопасности работы предусмотрено ручное или автоматическое отключение тока в момент прекращения процесса сварки.

Электрододержатели, помимо разделения на типы по конструктивной схеме, подразделяются на три группы в зависимости от силы сварочного тока:

- I тип — для силы тока до 125 А;
- II тип — 125—315 А;
- III тип — от 315 до 500 А.

Электрододержатель должен выдерживать без ремонта расход 8000 электродов. Время смены электрода не

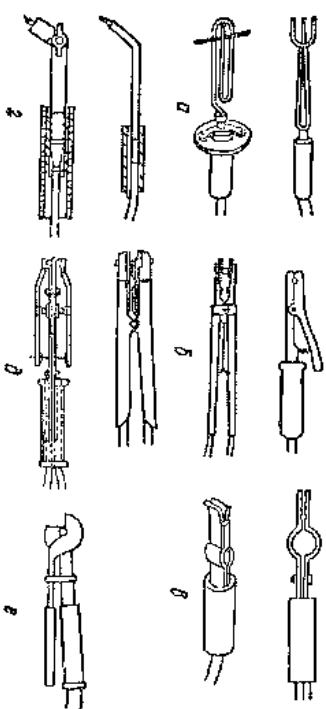


Рис. 18. Конструктивные схемы электрододержателей для ручной дуговой сварки:
 а — вилочные, б — пружинные, в — зажимные, 2 — безотраковые,
 3 — двухэлектродные, е — со стопорным кольцом

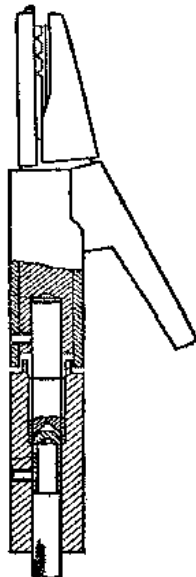


Рис. 19. Электродержатель, оборудованный системой ручного отключения тока

Должно составлять более 4 сек. На рис. 19 приведена конструкция электродержателя с системой ручного отключения тока, на рис. 20 — электродержателя с продольной и поперечной пружинами для зажима электродов.

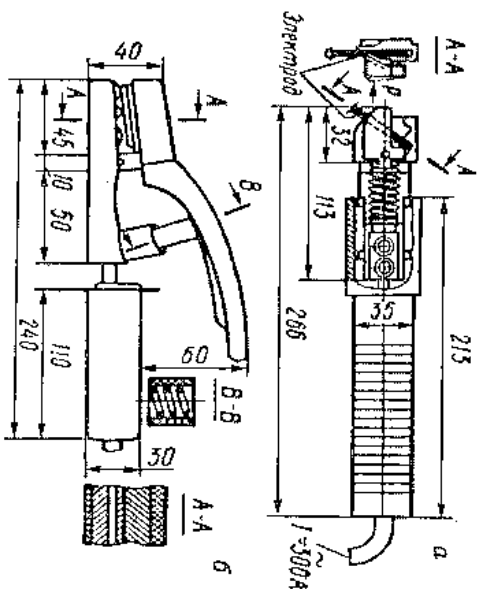


Рис. 20. Типы электродержателей:
 a — с продольной пружиной, d — диаметр пружины, P — сила зажима электрода, $d = 3$ мм, держатель закрыт с двух сторон текстолитовыми накладками; $б$ — с поперечной пружиной

Щитки и маски

Щитки и маски применяют для защиты глаз и кожи лица сварщиков от вредного воздействия электрических лучей и брызг расплавленного металла и шлака.

Изготавливают щитки и маски из токопроводящего материала — черной фетры и пластмасса. Вес щитка или маски не должен быть более 0,6 кг.

Щитки и маски имеют защитные стекла — светофильтры, основные данные которых приведены в таблице 1. Размеры светофильтров — 52×102 мм. Снаружи светофильтр защищается от брызг металла и шлака обычным оконным стеклом, которое по мере загрязнения заменяется.

Таблица 1

Основные данные светофильтров

Виды светофильтров	Классификационный номер	Обозначение	Марка стекла
1. Светофильтры для сварщиков: а) при токе 30-75 А б) при токе 75-200 А в) при токе 200-400 А г) при токе свыше 40 А	9 10 11 12	Э-1 Э-2 Э-3 Э-4	ТС-3 ТС-3 ТС-3 ТС-3
2. Светофильтры для вспомогательных рабочих	2 3 4	В-1 В-1 В-1	ТС-1 ТС-1 ТС-2

Сварочные провода

Ток от силовой сети к сварочным аппаратам подводится обычно по проводам марки КРПТ, от сварочных аппаратов к электродержателю — по проводам марки ПРГД и

ПРДО с медными жилками или (при отсутствии значительных механических воздействий) проводом АПРДО с алюминированными жилками. Этот провод должен иметь длину не менее 3 м. В случае необходимости его можно нарастить проводами марок КРПТ, КРПТН, КРПС, КРПСН и т. п.

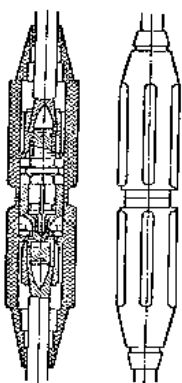


Рис. 21. Муфта для соединения сварочных проводов

Соединение проводов различных марок выполняется при помощи пайки, медных наконечников и муфт (рис. 21).

Длина проводов от сварочных аппаратов к рабочему месту не должна быть больше, чем 30–40 м, иначе из-за падения напряжения на проводах уменьшится напряжение дуги.

Источник питания может соединяться со свариваемым изделием более дешевым проводом; чаще всего применяется провод марки ПРТ.

Чтобы присоединить этот провод к свариваемому изделию, часто применяют различные быстродействующие зажимы, изготовленные из хорошо проводящего металла (меди, бронзы). Зажимы могут быть пружинного или винтового типа.

Сечения медных проводов выбираются в зависимости от величины сварочного тока (см. табл. 2).

Выбор сечения сварочных проводов в зависимости от величины сварочного тока

Таблица 2

Величина сварочного тока, А	Сечение проводов, мм ²	
	Однородного	Двухнитного
100	16	—
200	25	2 × 10
300	50	2 × 16
400	70	2 × 25
600	75	2 × 75
800	—	2 × 50
1000	—	2 × 70

Инструменты электросварщика

При производстве ручной дуговой сварки необходим следующий инструмент (рис. 22):

— молоток для сбивания шлака и для проставки личного клейма;

— стальная щетка для очистки металла от загрязнений перед сваркой и шлака после сварки; — зубило (для вырубки деформированных мест сварного шва); — набор шаблонов для проверки размеров швов;

— метр, отвес, угольник, стальная линейка, чертилка; — стальное клеймо (или их набор).

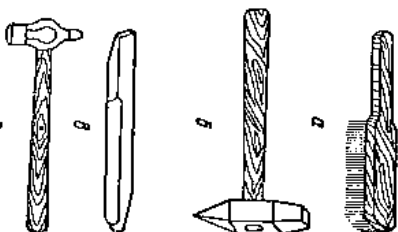


Рис. 22. Инструмент электросварщика:
а — стальная щетка,
б — молоток для сбивания шлака, в — зубило, г — молоток

Спецодежда электросварщика

Спецодежда электросварщика (брюки и куртка или комбинезон, а также рукавицы) изготавливаются из плотного брезента, сукна, асбестовой ткани. Брюки одевают поверх обуви, чтобы предохранить ноги от ожогов горячими огарками, которые образуются при смене электродов, и от брызг металла. Куртку не заправляют в брюки по той же причине, карманы куртки должны иметь клапаны, чтобы в них не попал расплавленный металл.

Глава 3. СВАРОЧНАЯ ДУГА И ЕЕ СВОЙСТВА

§ 7. Сварочная дуга и ее разновидности

Сварочная дуга — это мощный устойчивый электрический разряд в газовой среде между двумя электродами, или между электродами и изделием.

Электрическим разрядом называется прохождение электрического тока (т. е. направленное движение заряженных частиц) через газовую среду. Различают несколько видов такого разряда: искровой, дуговой, тлеющий и т. д., которые отличаются длительностью, силой тока, напряжением и другими характеристиками.

Сварочные дуги классифицируются по ряду признаков: — принципу действия — сварочные дуги прямого, косвенного и комбинированного действия;

— роду тока — дуга постоянного тока и дуга переменного тока (трехфазного или однофазного);

— длительности горения (стационарная дуга, импульсная дуга);

— полярности постоянного тока — дуга прямой полярности и обратной полярности;

— степени сжатия — свободная или сжатая дуга;

— виду среды, в которой происходит горение дуги — открытая, закрытая и дуга в среде защитных газов;

— виду применяемого электрода — дуга с плавящимся и неплавящимся электродом;

— виду статической вольтамперной характеристики — дуга с жесткой, падающей и возрасгающей характеристикой;

— длине дуги — короткая, нормальная и длинная.

По принципу работы различают сварочные дуги прямого, косвенного и комбинированного действия (рис. 23). Дугой прямого действия называется дуговой разряд, который происходит между электродом и деталью (изделием). Дуговой разряд между двумя электродами (атомно-водородная сварка) называется косвенной дугой, а сочетание дуги прямого и дуги косвенного действия — комбинированной дугой. Примером комбинированной

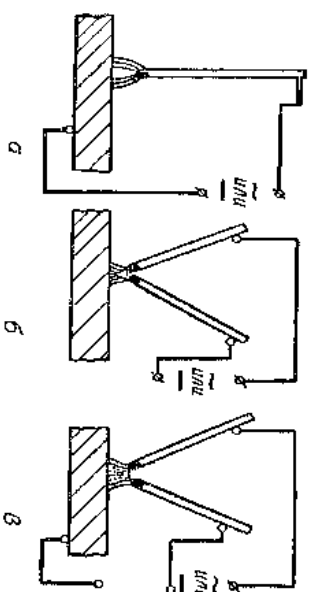


Рис. 23. Электрическая дуга:
а — прямого действия, б — косвенного действия,
в — комбинированного действия

дуги является трехфазная дуга, у которой две дуги электрически связываются электродами со свариваемой конструкцией, а третья горит между двумя электродами, изолированными друг от друга.

Сварочные дуги подразделяются также по роду используемого электрического тока (постоянный, переменный, трехфазный) и по длительности горения (стационарная дуга, импульсная дуга). Кроме того, при использовании постоянного тока различают дуги прямой и обратной полярности. При **прямой полярности** отрицательный полюс электрической цепи (каатод) находится на электроде, а положительный (анод) — на основном металле. При **обратной полярности** анод на электроде, а катод на изделии.

Дуги различают и в зависимости от типа применяемого электрода: дуга между плавящимся электродом (металлическим) и неплавящимся (вольфрамовый, угольный и т. д.). При сварке плавящимся электродом сварной шов образуется за счет расплавления электрода и кромок свариваемого (основного) металла. При сварке неплавящимся электродом шов заполняется металлом свариваемых частей.

При сварке плавящимся электродом его необходимо непрерывно подавать (по мере оплавления) в зону сварки и по возможности поддерживать постоянную длину дуги. Длинной дуги называется расстояние от конца электрода до поверхности кратера (углубления) в сварочной ванне.

При сварке неплавящимся электродом длина дуги с течением времени возрастает, поэтому нужна коррективровка.

Дуга считается короткой, если ее длина составляет 2—4 мм, нормальной — при длине 4—6 мм; три длины дуги свыше 6 мм дуга называется длинной.

В зависимости от того, в какой среде происходит дуговой разряд, различают три основных разновидности:

— так называемую **открытую дугу**, горящую в воздухе, где в состав газовой среды входит воздух с примесями паров свариваемого металла, материала электродов и материала электродных покрытий;

— **закрытую дугу**, горящую под флюсом, в которой газовая среда зоны дуги состоит из паров основного металла, присадочной проволоки и защитного флюса;

— **дугу**, горящую в среде защитных газов (также является закрытой дугой). В этом случае газовая среда в зоне других состоит из защитного газа, паров основного металла и металла проволоки.

§ 3. Структура сварочной дуги

Различные вещества по-разному проводят электрический ток. Проводимость всякого вещества зависит от количества свободных электрических зарядов (электронов и ионов), которые находятся в этом веществе. Кроме того, проводимость определяется скоростью, с которой эти свободные частицы передвигаются. То есть, чем больше в материале имеется свободных носителей зарядов и чем более они подвижны, тем больше проводимость этого материала и тем меньше его сопротивление.

Газы при нормальных условиях не проводят электрического тока. Данный факт объясняется тем, что в обычных условиях газы состоят из нейтральных молекул и атомов, а следовательно, не являются носителями зарядов.

Газы начинают проводить электрический ток, если в их составе появляются электроны, положительные и отрицательные ионы. Это становится возможным при некоторых условиях.

Процесс образования в газе электронов и ионов называется **ионизацией**, а газ, в котором имеются заряженные частицы, — **ионизированным**.

Чтобы освободить электрон от связи с атомным ядром (в результате чего и происходит образование положительного иона), нужно сообщить ему некоторое количество энергии. В результате электрон перейдет на новую орбиту с более высоким энергетическим уровнем, а молекула или атом будут находиться в возбужденном состоянии.

Работа, которую нужно совершить для того, чтобы обрывать ион, называется **работой ионизации** (или **потенциалом ионизации**) и выражается в электрон-вольтах (эВ). Энергия, сообщенная электрону для приобретения скорости, необходимой для отрыва его от атома, называется **потенциалом возбуждения** и также измеряется в электрон-вольтах.

Различные химические элементы имеют разную величину потенциалов возбуждения и ионизации (от 3,9 до 25,5 эВ). Наименьшими потенциалами ионизации обладают щелочноземельные металлы — такие элементы способны устойчивому горению дуги, поэтому их вводят в состав электродных покрытий.

Положительные и отрицательные ионы, а также свободные электроны в газах возникают при некоторых условиях:

- воздействием на них электрического поля;
- тепловом воздействии;
- прохождении через газ рентгеновских, ультрафиолетовых и космических лучей.

Соответственно различают виды ионизации газов: соударением частиц, фотоионизацию (ионизация фотонов), термическую, электрическим полем.

Дуговой промежуток в сварочной дуге разделяется на три области (рис. 24): катодную, анодную и столб дуги. В процессе горения дуги на электроде и основном металле возникают активные пятна, которые представляют собой

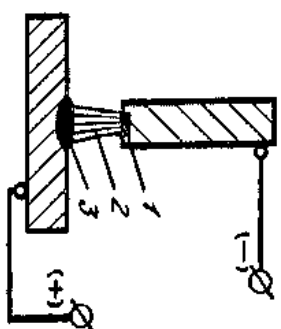


Рис. 24. Схема строения сварочной дуги:
1 — катодная область,
2 — столб дуги,
3 — анодная область

наиболее нагретые участки и проводят весь ток дуги. Активные пятна называются соответственно анодным и катодным.

С катодного пятна происходит дополнительный выход электродов, кроме образовавшихся при ионизации в междудуговой области пространства. Электроны, которые выходят с поверхности электрода, называются **первичными**. Выход этих электронов происходит за счет различных факторов: термоэлектронной эмиссии (испускания), автотермоэлектронной эмиссии, ионизации на катоде.

Термоэлектронная эмиссия электронов происходит в результате нагрева поверхности электрода до высокой температуры, при которой электроны могут приобрести скорость, достаточную для отрыва их от атомов. Электроны открываются от поверхности катода и устремляются к аноду. Чем больше температура нагрева электрода, тем больше количество вырываемых электронов.

Автотермоэлектронная эмиссия электронов происходит из-за высокой напряженности электрического поля. Чем больше разность потенциалов между электродами, тем больше испускается с катода первичных электронов.

Ионизация на катоде происходит в результате соударений с электронами положительных ионов. Положительные

ионы образуются в результате ионизации в столбе дуги и притягиваются к катоду. Ионизация может происходить также в результате воздействия излучения (фотоионизация). В столбе дуги происходит образование так называемых вторичных электронов, а также положительных ионов (вторичными называются электроны, выбитые с орбит нейтральных атомов, находящихся в междуэлектродном пространстве).

Таким образом, в столбе дуги электроны движутся к аноду, положительные ионы — к катоду. При этом ионы и электроны могут снова соединиться, образуя нейтральные атомы. Этот процесс называется рекомбинацией. В результате рекомбинации процессы образования и исчезновения заряженных частиц в дуге уравновешиваются и степень ионизации нагретого газа остается постоянной.

Анодная область дуги включает в себя анодное пятно и приэлектродную область. Анодное пятно бомбардирует электроны, в результате чего образуются ионы. От сильной бомбардировки анодная область всегда имеет форму, напоминающую форму чаши (или — выпнутой сферы) и называется сварочным катетером.

§ 9. Специфика сварочной дуги

По сравнению с другими видами электрических разрядов сварочная дуга имеет ряд особенностей.

Во-первых, сварочная дуга имеет неравномерное распределение электрического поля (соответственно падение напряжения) в междуэлектродном пространстве. На рис. 25 показана схема, поясняющая распределение напряжения в дуге.

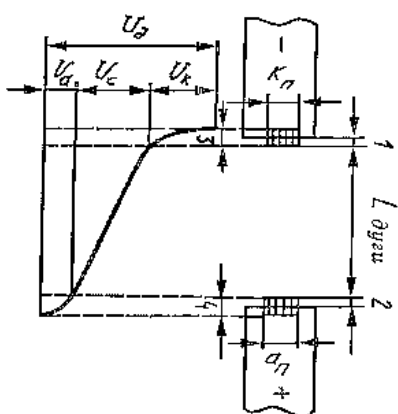


Рис. 25. Падения напряжения в дуге:

U_a , U_c и U_a — падения напряжений в катодной области, в столбе дуги и анодной области, U_k — напряжение дуги, K_k и a_a — диаметр катодного и анодного пятен; 1 и 2 — высота катодной и анодной областей 3 и 4 — высота катодной и анодной областей

Общее напряжение сварочной дуги складывается из суммы падений напряжений в отдельных ее областях:

$$U_a = U_k + U_g + U_e,$$

где U_a — общее падение напряжения на дуге,

U_a — падение напряжения в анодной области,

U_k — падение напряжения в катодной области,

U_e — падение напряжения в столбе дуги.

Вблизи электродов имеются резкие изменения потенциалов — катодное и анодное падения напряжений U_a и U_k , причем U_k (примерно 10 В) обычно значительно больше. Эти скачки напряжения на небольших участках образуются условиями прохождения тока из одной среды в другую (из металла в газовую среду).

Во-вторых, сварочная дуга отличается большой плотностью тока, достигающей тысяч ампер на квадратный сантиметр.

В-третьих, сварочная дуга имеет высокую температуру. При этом наибольшая температура наблюдается в столбе дуги, наименьшая — на поверхности катода и анода.

Температура в столбе сварочной дуги может принимать значения до 12000°K и определяется многими факторами: диаметром электрода, плотностью тока, составом газовой среды, составом материала и т. д.

Один из основных показателей, от которого зависит температура дуги, — эффективный потенциал ионизации (обозначаемый $V_{\text{эф}}$). Обычно величина $V_{\text{эф}}$ близка наименьшему ионизационному потенциалу одного из компонентов смеси дугового газа.

Для определения температуры столба дуги можно воспользоваться приближенной эмпирической формулой

$$T_c \approx 800 V_{\text{эф}},$$

где T_c — температура столба дуги,

$V_{\text{эф}}$ — эффективный потенциал ионизации.

Так, например, для сварки толстопокрытыми электродами, в состав покрытия которых входит натрий, формула дает:

$$T_c \approx 800 \cdot 5,1 = 4080^{\circ}\text{K}$$

(5,1 — величина эффективного потенциала ионизации натрия).

В-четвертых, особенностью сварочной дуги является возможность получения различных статистических вольт-амперных характеристик.

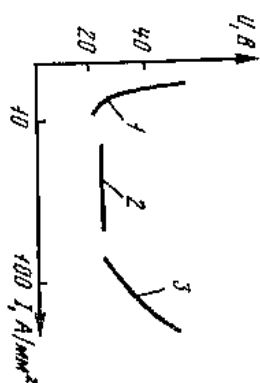


Рис. 26. Статические вольт-амперные характеристики дуги: 1 — падающая, 2 — жесткая, 3 — возрастающая

Статической вольт-амперной характеристикой называется зависимость падения напряжения в дуге от силы тока при постоянной (статической) длине дуги (т. е. при установившемся горении дуги). Сварочная дуга в зависимости от различных условий может иметь жесткую, падающую и возрастающую вольт-амперную характеристику (рис. 26).

При жесткой вольт-амперной характеристике падение напряжения практически не зависит от тока, при падающей — с увеличением тока падение напряжения уменьшается, при возрастающей характеристике — с увеличением сварочного тока напряжение возрастает.

§ 10. Основные характеристики тепловых свойств сварочной дуги

В процессе горения сварочной дуги выделяется некоторое количество тепла. Ясно, что это тепло образуется за счет затрат электрической энергии, поступающей от источника питания; полную тепловую мощность сварочной дуги можно приближенно определить по формуле

$$Q = 0,24 \cdot U_d \cdot I \text{ (кал/сек),}$$

где U_d — падение напряжения на дуге (В),

I — величина сварочного тока (А),

Q — тепловая эквивалент электрической мощности сварочной дуги (кал/с),

0,24 — коэффициент перевода.

Поскольку не все тепло, производимое сварочной дугой, идет на нагрев и расплавление металла, — часть его теряется, — то вводят поправку о коэффициенте полезного действия процесса нагрева металла сварочной дугой (обозначается η_s или h_s):

$$h_s = \frac{q_s}{Q} \cdot 100\%,$$

где q_s — количество тепла в единицу времени, которое вводится сварочной дугой в свариваемое изделие и называется эффективной тепловой мощностью сварочной дуги.

Численное значение зависит от вида дуговой сварки, длины дуги, скорости сварки, марки электрода и других факторов. Например, для сварки покрытыми пшучными электродами $h_s = 70-85\%$, для сварки под флюсом — $65-93\%$, для сварки дугой в аргоде — $50-60\%$.

Отношение эффективной тепловой мощности дуги к скорости перемещения дуги (V) называется погонной энергией сварки:

$$q_n = \frac{q_s}{V}.$$

Так как q измеряется в кал/с, а скорость V может быть измерена в сантиметрах в секунду (см/с), то погонная энергия будет измеряться в кал/см:

$$[q_n] = \frac{\text{кал}}{\text{с}} : \frac{\text{см}}{\text{с}} = \frac{\text{кал}}{\text{см}}.$$

Таким образом, погонная энергия сварки характеризует количество тепла, вносимое дугой в изделие на единицу длины сварного шва.

§ 11. Способы зажигания сварочной дуги

Дуга может возникнуть либо в случае пробоя газа (воздуха), либо в результате соприкосновения электродов с последующим их отведением на расстояние нескольких миллиметров.

Первый способ (пробой воздуха) возможен только при больших напряжениях, например, при напряжении 1000 В и зазоре между электродами в 1 мм. Такой способ возбуждения дуги обычно не применяется из-за опасности высокого напряжения.

При питании дуги током высокого напряжения (более 3000 В) и высокой частоты (150–250 кГц) можно подучить пробой воздуха при зазоре между электродом и деталью до 10 мм. Такой способ зажигания дуги менее опасен для сварщика и его нередко используют. (Для этого в сварочную цепь необходимо включить осциллятор.)

Второй способ зажигания дуги требует разности потенциалов между электродом и изделием 40–60 В, поэтому применяется чаще всего.

Когда электрод соприкасается с изделием, создается замкнутая сварочная цепь. В момент, когда электрод отводится от изделия, электроды, которые находятся на расстоянии от короткого замыкания кагодемо патне, отрываются от атомов и электростатическим припжжением двигаются к аноду, образуя электрическую дугу. Дуга быстро стабилизируется (в течение микросекунды). Электроны, которые выходят с катодного пятна, ионизируют газовый промежуток и в нем появляется также полный ток.

Скорость зажатия дуги зависит от характеристик источника питания, от силы тока в момент соприкосновения электрода с изделием, от времени их соприкосновения, от состава газового промежутка.

Чем меньше потенциал ионизации вещества между электродами (или между электродом и изделием), тем быстрее и в большем количестве возникнут ионы и тем быстрее произойдет переход от электронной дуги к электронно-ионной.

На скорость возбуждения дуги влияет, в первую очередь, величина сварочного тока. Чем больше величина тока (при одном и том же диаметре электрода), тем большим становится величина сечения катодного пятна и тем большим будет электродный ток в начале зажатия дуги. Большой электронный ток вызовет быструю ионизацию и переход к устойчивому дуговому разряду.

При уменьшении диаметра электрода (т. е. при увеличении плотности тока) время перехода к устойчивому дуговому разряду еще больше сокращается.

На скорость зажатия дуги влияют также податливость и род тока. При поступном токе и обратной полярности (т. е. плюс источника тока подключается к электроду) скорость возбуждения дуги выше, чем при переменном токе. Повторные зажатия сварочной дуги после ее утасания из-за коротких замыканий каплями электродного металла будут возникать самопроизвольно, если температура торца электрода будет достаточно высокой.

§ 12. Перенос расплавленного металла сварочной дугой

В процессе сварки плавлением электродом на его конце под действием высокой температуры происходит рас-

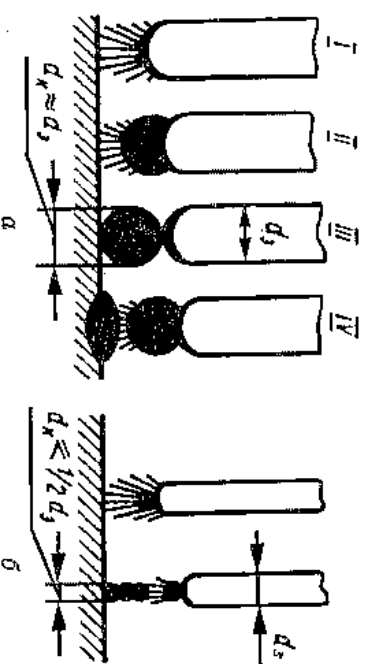


Рис. 27. Процесс переноса электродного металла на изделие при короткой дуге:
а — струйный; б — последовательные этапы процесса, d_k — диаметр капли, d_s — диаметр электрода

плавление металла, образование капли, отрыв этой капли и перенос ее на изделие. В зависимости от размера капли и скорости их образования различают капельный и струйный перенос электродного металла на изделие (рис. 27).

Размеры капли и скорость их образования зависят от вида дуговой сварки, силы тока, длины дуги, диаметра электродов и других факторов.

При ручной дуговой сварке в виде капель переносится примерно 95% электродного металла, осевшие 5% составляют брызги металла и пары, значительная часть которых осаждается на изделие.

При дуговой сварке штучными электродами происходит капельный перенос без замыкания каплями дугового промежутка. В этих условиях большая часть капель окисляется заключенными в оболочку из шлака, который

образуется при расплавлении электродного покрытия. Тот же процесс наблюдается при сварке в защитном газе и сварке порошковой проволокой.

При струйном переносе электродного металла образуются мелкие капли, которые непрерывно следуют одна за другой, составляя цепочку (струю). Струйный перенос металла возникает при большой плотности тока (на пример, при сварке проволокой малого диаметра). Так, при полуавтоматической сварке в аргоне проволокой диаметром 1,6 мм струйный перенос металла начинается при токе величинной около 300 А. При сварке на токах, ниже этого значения, наблюдается капельный перенос металла.

Как правило, струйный перенос приводит к уменьшению выгорания легирующих примесей в сварочной проволоке и к повышению чистоты металла шва. Кроме того, скорость расплавления сварочной проволоки увеличивается. Таким образом, струйный перенос металла имеет ряд преимуществ перед капельным переносом.

При сварке штучными электродами струйный перенос электродного металла невозможен из-за невысокой плотности тока на электроде (порядка 10–20 А/мм²).

§ 13. Основные показатели процесса дуговой сварки

Производительностью расплавления электродов называют массу расплавленного сварочной дугой электрода металла в единицу времени. Производительность расплавления электродов (P_p) зависит, конечно, от количества тепла, сообщенного электроду.

Производительность расплавления электродов определяется по формуле

$$P_p = \alpha_p \cdot I$$

и измеряется в граммах в час (г/ч),

где α_p — коэффициент расплавления электрода и имеет размерность г/А·ч.

Обычно α_p численно равен от 7 до 22 г/А·ч в зависимости от рода, полярности и плотности тока, вида покрытия электрода и др.

Коэффициент расплавления α_p определяется формулой

$$\alpha_p = \frac{G_p}{I \cdot t},$$

где G_p — масса расплавленного за время t электродного металла,

I — сварочный ток,

t — время горения дуги.

Производительность наплавки

При сварке не весь расплавленный металл электрода переносится в сварной шов; часть металла теряется на разбрызгивание, угар и испарение.

Для оценки процесса наплавки вводят коэффициент наплавки, определяемый по формуле

$$\alpha_n = \frac{G_n}{I \cdot t} \quad (\text{г/А·ч}),$$

где α_n — коэффициент наплавки,

G_n — масса наплавленного металла за время t (в граммах),

I — величина тока (А),

t — время горения дуги.

Величина G_n всегда меньше G_p , так как имеются потери на разбрызгивание и т. д.

Для оценки величины этих потерь вводят так называемый коэффициент потерь, определяемый:

$$\psi = \frac{G_p - G_n}{G_p} \cdot 100\%.$$

Здесь G_p — масса расплавленного металла за некоторое время t ,

G_n — масса наплавленного металла за то же время, ψ — коэффициент потерь (выраженный в процентах).

Разность $G_p - G_n$ есть количество металла, которое «теряется» в процессе сварки, а коэффициент потерь показывает, какая доля металла теряется (в процентах от общего количества).

Коэффициент потерь зависит от состава электрода и его покрытия, от режима сварки и вида сварного соединения. Так, например, коэффициент потерь возрастает при увеличении плотности тока и длины дуги. При сварке с раздельной кромкой коэффициент потерь несколько меньше, чем при наплавке.

Производительность наплавки можно определить по формуле

$$P_n = \alpha_n \cdot I,$$

где α_n — коэффициент наплавки, имеющий размерность г/А·ч,

I — величина тока (А).

Производительность наплавки P_n имеет размерность г/ч.

Обычно α_n меньше, чем α_p на 1–3 г/А·ч.

Обычно значение ψ имеет в интервале от 3 до 20%. Как правило, коэффициент потерь не бывает меньше, чем 3%, но может быть более чем 20%. В этом случае сварку электродами не применяют.

Коэффициенты расплавления и наплавки используются для определения расхода электродов и нормирования времени сварки.

Пример. Определить производительность наплавки при сварке штучными электродами, для которой $\alpha_n = 10$ г/А·ч, при токе 160 А.

Решение: $P_n = \alpha_n \cdot I = 10 \cdot 160 = 1600$ г/ч = 1,6 кг/ч.

Вопросы для самопроверки

1. Что называют сварочной дугой?
2. Какие разновидности сварочных дуг существуют и как они классифицируются?
3. Из каких участков состоит дуговой промежуток?
4. Какие особенности имеет сварочная дуга?
5. Что такое статическая вольт-амперная характеристика сварочной дуги?
6. Чем отличаются жесткая, падаящая и возрастающая вольт-амперные характеристики?
7. Какой показатель называют тепловой энергией сварки?
8. Каковы способы зажигания дуги?
9. Чем отличаются капельный и струйный перенос электрода металла?
10. Как рассчитать производительность расплавления и наплавки?

Глава 4. МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ СВАРКЕ

§ 14. Классификация металлов

Все твердые тела по внутреннему строению подразделяются на кристаллические и аморфные. Металлы имеют кристаллическое строение, то есть атомы металлов располагаются в пространстве в строго определенном порядке, образуя кристаллическую решетку.

Металлы приобретают кристаллическое строение при переходе из жидкого (расплавленного) состояния в твердое. Как правило, процесс кристаллизации происходит одновременно во многих местах, и рост одних кристаллов мешает росту соседних, в результате чего многие кристаллы образуют зерна неправильной формы.

Во время кристаллизации возрастает плотность металла, то есть происходит его усадка.

Сплавлением разных простых веществ получают сложные вещества, которые называются **сплавами**.

Железо, марганец, олово, титан и другие металлы после затвердевания могут образовывать не одну, а несколько форм кристаллической решетки. При нагревании такого металла до некоторой определенной температуры (так называемая **критическая точка**) атомы этого металла перестраиваются и образуют новую кристаллическую решетку, что сопровождается применением физико-механических свойств. Например, чистое железо при нагревании расширяется, но когда температура достигает 910°С (критическая точка), оно сжимается, т. е. атомы изменяют свое положение в кристаллической решетке. Обычно чистое железо (α -железо) преобразуется в другую модификацию (так называемое γ -железо). В отличие от α -же-

леза, γ -железо не обладает магнитными свойствами и способно растворять углерод. При температуре выше 1500°С железо расширяется.

Кроме кристаллического строения, металлы имеют и другие характерные признаки: хорошую проводимость электрического тока и тепла, внешний блеск, определенную температуру плавления и кристаллизации, способность коваться и свариваться.

Металлы и сплавы классифицируются по составу компонентов (так называют химические элементы, входящие в их состав), степени чистоты, содержанию легирующих компонентов, характеру компонентов.

Компоненты, входящие в состав металлов или сплавов, разделяют на **основные** и **легирующие**. При этом основным называется компонент, который в составе преобладает. Легирующим называется компонент, который входит в состав сплава для получения определенных физико-механических свойств.

По числу компонентов металлы подразделяются на **простые металлы** и **металлические сплавы**. Простым металлом называется металл, не содержащий легирующих компонентов. Металлическим сплавом называется сложное кристаллическое вещество, в состав которого входят несколько металлов, а также неметаллические элементы. Сплавы могут быть двух-, трех- и более компонентными.

По составу все металлы разделяют на две большие группы — **черные металлы** и **цветные металлы**. К черным металлам относят железо и сплавы на его основе (стали, чугуны), к группе цветных металлов — все остальные металлы и сплавы.

Сплавы также подразделяются по степени содержания легирующих компонентов: низколегированные (менее 2,5% легирующих компонентов), среднелегированные

(от 2,5% до 10%) и высоколегированные (свыше 10% легирующих компонентов).

По степени чистоты металлы и сплавы подразделяются следующим образом:

- пониженной чистоты;
- средней;
- повышенной;
- высокой чистоты;
- особо чистые.

При сварочных работах приходится учитывать различные физико-механические и химические свойства металлов и сплавов.

§ 15. Особенности металлургии сварки

В процессе сварки в течение короткого промежутка времени происходят сложные процессы взаимодействия различных химических элементов.

При переносе металла с электрода в сварочную ванну компоненты электрода металла и металла сварочной ванны вступают во взаимодействие с различными газами и жидким шлаком. В результате химический состав наплавленного металла может значительно отличаться от химического состава электродов и основного металла. Высокая температура сварочной ванны еще больше усиливает этот процесс.

Ниже рассматриваются основные явления, происходящие в процессе сварки.

Кристаллизация металла шва

Одним из основных явлений, происходящих в процессе сварки, является кристаллизация металла шва.

Кристаллизация металла шва при охлаждении начинается с не полностью сплавленных зерен основного металла, которые располагаются на границе расплавления. К решетке этих зерен начинают пристраиваться атомы кристаллизующейся фазы.

После затвердевания (кристаллизации) на участках расплавления образуются зерна, частично состоящие из основного металла и металла шва. Это и обеспечивает сварное соединение.

Во время движения сварочной дуги вдоль свариваемых кромок в передней части сварной ванны происходит процесс плавления, а в тыльной части — процесс кристаллизации. Таким образом, происходит формирование сварного шва.

Сама протяженность сварной ванны зависит от многих факторов: типа источника тепла, тепловой мощности этого источника, режимов сварки, свойств свариваемого металла и т. д.

Процесс кристаллизации сварных швов по сравнению с кристаллизацией слитков металла отличается, прежде всего, высокой скоростью кристаллизации. Это происходит в связи с тем, что после интенсивного нагрева металла концентрированным источником тепла (дугой) происходит быстрый отвод тепла в свариваемое изделие. Скорость охлаждения металла сварных швов составляет десятки, а то и сотни градусов в секунду.

При изучении кристаллизации сварных швов металлографическими методами установлено, что в верхней части сварных швов образуются более крупные, а в нижней — более мелкие кристаллы. В средней части швов кристаллы имеют удлиненную форму (так называемое транскристаллитное строение), а в верхней части швов — ветвистую форму (дендритное строение).

Сам процесс кристаллизации сварных швов протекает прерывисто, в связи с чем появляются кристаллизационные слои (т. е. сварной шов имеет слоистую структуру). На рис. 28 изображена схема химической неоднородности по слоям кристаллизации в сварном шве.

В каждом слое можно выделить три основных участка: нижний, средний (наиболее широкий) и верхний.

Нижний участок образуется в результате кристаллизации тонкой прослойки жидкого металла, которая примыкает к оплавленной поверхности и обогащена серой, углеродом и фосфором, переместившаяся из примыкающих участков основного металла.

Средний участок кристаллизуется из жидкого металла при высокой скорости кристаллизации состава затвердевшего металла сварочной ванны по однородности близок к составу жидкого металла, из которого он образуется.

Верхний участок слоя формируется в виде, более обеденном серой, углеродом и фосфором. Последующие слои образуются таким же образом.

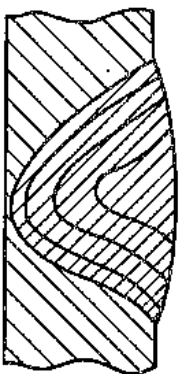


Рис. 28. Схема химической неоднородности по слоям кристаллизации в сварных швах

Диссоциация газов

Еще одно важное явление, происходящее в процессе сварки — диссоциация газов, т. е. распад молекул газа на атомы.

Так, например, молекулярный водород, азот и кислород распадаются и переходят в атомарное состояние. Эти химические реакции записываются следующим образом:

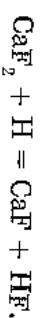


Атомарный водород, азот и кислород обладают гораздо большей активностью и интенсивно растворяются в металле. Это ухудшает его свойства, снижая пластичность и повышая хрупкость.

В состав многих электродных покрытий входит плавиковый шпатель (химическая формула CaF_2), который при высокой температуре разлагается:



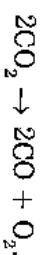
Как видно из формулы, при этом образуется свободный фтор, который ухудшает условия течения сварочной дуги. При температуре дуги около 6000°C диссоциация фтора достигает больших масштабов. Это явление, однако, имеет и положительную сторону: фтор связывает водород, причем эти молекулы обладают высокой стойкостью:



Многие электродные покрытия и флюсы имеют в своем составе карбонат кальция, который при разложении выделяет углекислый газ:



При достаточно высокой температуре углекислый газ разлагается (диссоциирует) дальше:



§ 16. Некоторые химические процессы, сопровождающие процесс сварки

Взаимодействие расплавленного металла с кислородом

В зоне сварочной дуги выделяются три фазы: металлическую, газовую и шлаковую. В зависимости от этих фаз взаимодействии с кислородом может происходить по-разному. Жидкий металл сварочной ванны может окисляться свободным кислородом газовой фазы (как молекулярным, так и атомарным), кислородом, который находится на свариваемых кромках в виде различных окислов и шлаков, кислородом, растворенным в металлической ванне и химически активными шлаками.

Железо, соединяясь с кислородом, способно образовывать три различных соединения (оксида): закись железа FeO (содержание O_2 — 22,27%), окись железа Fe_2O_3 (30,06% O_2), закись-окись железа Fe_2O_4 (27,64%). Эти окислы имеют достаточно большое значение в металлургических процессах, происходящих при сварке плавлением.

Из этих трех окислов в железе растворима только закись FeO. Остальные окислы в железе почти не растворимы и поэтому не влияют на его свойства. Однако при некоторых условиях окись железа и закись-окись (которые могут присутствовать в окалине и ржавчине на свариваемых кромках) могут переходить в закись FeO по реакциям:



При этом закись железа растворяется частично в шлаках, частично в расплавленном металле сварочной ванны. В результате в свободных швах образуются поры, уху-

шающие качество сварки. В твердом железе растворимость кислорода очень мала.

Чтобы уменьшить растворимость окисла в металле, необходимо, чтобы в шлаке при этом была более низкая концентрация окисла, вследствие чего он будет стремиться перейти в шлак.

Металл может окисляться также под влиянием химически активных (по кислороду) окислов, например, кремния (SiO_2) и марганца (MnO). Кроме того, присутствие в газовой фазе сложных газов, таких как N_2O (водяной пар), CO_2 (углекислый газ), также способствует окислению металла сварочной ванны вследствие диссоциации этих газов с выделением кислорода.

Для уменьшения концентрации кислорода вводятся элементы — раскислители, имеющие большее сродство с кислородом, чем металл сварочной ванны.

Взаимодействие расплавленного металла с водородом

В зависимости от температуры водорода газовой фазы может находиться в молекулярном или атомном состоянии. При повышении температуры молекулярный водород диссоциирует на атомарный и ионизированный.

Металлы, способные растворять водород, подразделяют на две группы: не имеющие соединений с водородом и способные соединяться с водородом (образовывать гидриды).

К первой группе относятся такие металлы, как железо, медь, кобальт, никель и другие. Металлы этой группы поглощают водород в твердом состоянии, причем растворимость водорода в них увеличивается при плавлении.

Ко второй группе относятся титан, ванадий, палладий, пирконий, тантал, торий и редкоземельные элементы. При значительных количествах поглощенного водорода эти

металлы образуют с водородом гидриды, при небольших — твердые растворы.

Легированные элементы, содержащиеся в железе, оказывают самое разнообразное влияние на растворимость водорода: одни ее увеличивают, другие снижают. Так, например, кремний, алюминий, хром и углерод относятся к элементам, снижающим растворимость водорода в сплавах железа. Титан и ниобий, напротив, эту растворимость увеличивают.

Водород, растворенный в металле сварочной ванны, и его пеполное выделение в процессе кристаллизации ведет к образованию различных дефектов: пор, микро- и макротрещин в сварочном шве, горячих и холодных трещин в околошовной зоне.

Концентрацию водорода в сварочной ванне уменьшают путем введения элементов, образующих с водородом нерастворимые соединения (например, фтористый водород), а также с помощью некоторого окисления сварочной ванны.

Взаимодействие расплавленного металла с азотом

Основным источником азота в зоне сварки является окружающий воздух.

Как и кислород с водородом, азот может находиться в молекулярном, атомарном и ионизированном состоянии (в зависимости от температуры). Растворимость азота в железе зависит от состояния, в котором он находится. Азот не растворяется в меди, серебре, золоте и никеле и не образует химических соединений с этими металлами.

Азот растворяется в железе, молибдене, титане и марганце, вступая с ними во взаимодействие с образованием нитридов. С железом азот образует нитриды вида Fe_2N и Fe_3N . Нитриды резко увеличивают прочность сварного

шва, однако снижают пластичность. Кроме того, азот способствует старению шва.

Для уменьшения содержания азота в зоне сварки необходимо защищать ее от атмосферного воздействия. Этого достигают при сварке в среде защитных газов.

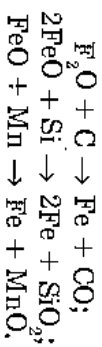
Влияние серы и фосфора на качество сварки

Сера может попасть в сварочную ванну из основного металла, сварочной проволоки, различных покрытий и флюсов. Взаимодействуя с железом, сера образует различные сернистые соединения, из которых наиболее вредным является сульфид железа FeS . В период кристаллизации сульфид железа образует эвтектику $FeS-Fe$, которая имеет меньшую, чем сталь, температуру плавления — $940^\circ C$. Эвтектика, располагаясь между зёрнами кристаллизующегося металла, вызывает образование горячих трещин (красноломкость).

Фосфор в металле шва содержится в виде фосфидов железа FeP и FeP_2 . Фосфиды вызывают снижение ударной вязкости металла шва.

Для уменьшения вредных влияний фосфора и серы вводят элементы, способные образовывать с ними нерастворимые в металле соединения (удаленные в шлак). С этой целью, например, в сварочную проволоку и обмазку электрода вводят кальций и марганец.

С другой стороны, закись железа может вступать в реакции взаимодействия с углеродом, кремнием и марганцем, окисляя их:



Таким образом, углерод, кремний и марганец могут выполнять функцию раскислителей.

Окись углерода, которая образуется в процессе сварки, вызывает кипение и разбрызгивание металла. Кипение сварочной ванны до начала процесса кристаллизации способствует удалению посторонних металлических включений; кипение же металла во время кристаллизации сварного шва приводит к тому, что образующиеся пузырьки окиси углерода не успевают выделяться в атмосферу и остаются в сварном шве в виде газовых пор. Для уменьшения этого эффекта также вводятся раскислители (кремний и марганец).

§ 17. Структуры сварных швов. Зона термического влияния

В сварном соединении можно выделить три основные зоны, имеющие различную микроструктуру:

- 1) основного металла;
 - 2) термического влияния;
 - 3) наплавленного металла сварного шва.
- Зону термического влияния, в свою очередь, подразделяют на следующие участки (рис. 29):

- 1 — неполного расплавления;
- 2 — перегрева;
- 3 — нормализации;
- 4 — неполной перекристаллизации;
- 5 — рекристаллизации;
- 6 — синеломкости.

Участок неполного расплавления является переходным от зоны наплавленного металла шва к основному металлу. Этот участок представляет собой область основного

металла, нагретого несколько выше температуры плавления и находящегося в твердо-жидком состоянии (откуда и название — участок неполного расплавления). В этой области происходит сплавление кристаллов металла шва с зернами основного металла, поэтому свойства этого участка оказывают в большинстве случаев решающее влияние на качество сварного соединения.

Для дуговой сварки размеры этого участка составляют 0,1—0,5 мм.

Участок перегрева является областью сильно нагретого (1100—1500 °С) основного металла с крупнозернистым строением и повышенной механическими свойствами (повышенная пластичность и ударная вязкость). В стыках с повышенной содержанием углерода на этом участке могут образовываться закалочные структуры.

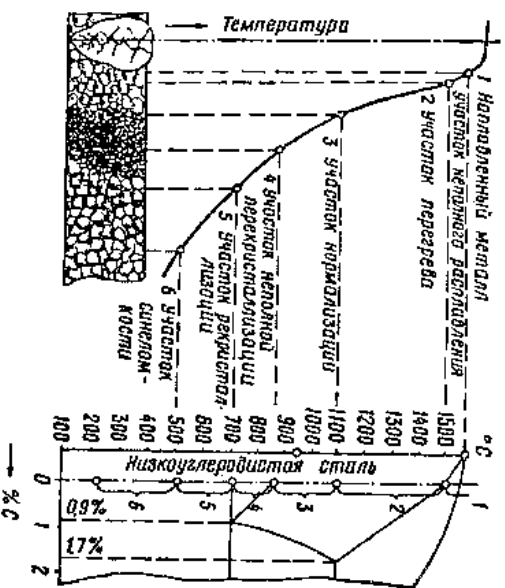


Рис. 29. Строение зоны термического влияния сварного шва

Ширина участка перегрева иногда достигает 3—4 мм. Чтобы уменьшить эту величину, следует выполнять сварку за несколько проходов или увеличить скорость сварки.

Участок нормализации является областью основного металла, нагретого в пределах от 930 до 1100 °С. Основной металл находится при таких температурах сравнительно недолго и в процессе перекристаллизации при охлаждении приобретает мелкозернистую структуру с высокими механическими свойствами — как правило, выше свойств основного металла в его исходном состоянии.

Участок нормализации имеет ширину от 0,2 до 4—5 мм.

Участок неполной кристаллизации является областью основного металла, нагретого до 720—850 °С. Область характеризуется неполной перекристаллизацией, при которой вокруг крупных зерен феррита, не прошедших перекристаллизацию, находятся более мелкие зерна феррита и перлита, образовавшиеся в процессе перекристаллизации. То есть область характеризуется частичным изменением исходного основного металла.

Ширина этого участка колеблется от 0,1 до 5 мм.

Участок рекристаллизации является областью основного металла, нагретого в пределах от 450 до 720 °С. Этот участок наблюдается при сварке сталей, подвергавшихся пластической деформации (например, прокату), и характерен восстановлением формы и размеров разрушенных при деформации зерен металла.

Ширина участка — от 0,1 до 1,5 мм.

Участок синеломкости располагается за участком рекристаллизации и лежит в интервале температур от 200 до 450 °С. На этом участке наблюдаются синие цвета побежалости, откуда и название. Основной металл в этой зоне не имеет видимых структурных изменений, однако характеризуется снижением пластических свойств.

Вопросы для самопроверки

1. Как классифицируются металлы и сплавы?
2. Каковы структурные особенности строения сварного шва и околошовной зоны?
3. Какие зоны различают в сварном соединении?
4. Изобразите строение сварного соединения, полученного сваркой плавлением.
5. Какие участки имеет зона термического влияния?

Глава 5. СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ И ШВЫ

§ 18. Классификация сварных соединений и швов

Сварные соединения и швы можно классифицировать по ряду характерных признаков:

- виду соединения;
- конфигурации и протяженности;
- виду сварки;
- положению, в котором выполняется сварка;
- способу удержания расплавленного металла шва;
- количеству наложения слоев;
- материалу, который применяется для сварки;
- расположению свариваемых деталей относительно друг друга;
- форме свариваемой конструкции;
- действующему на шов усилию;
- объему наплавленного металла;
- форме подготовленных кромок.

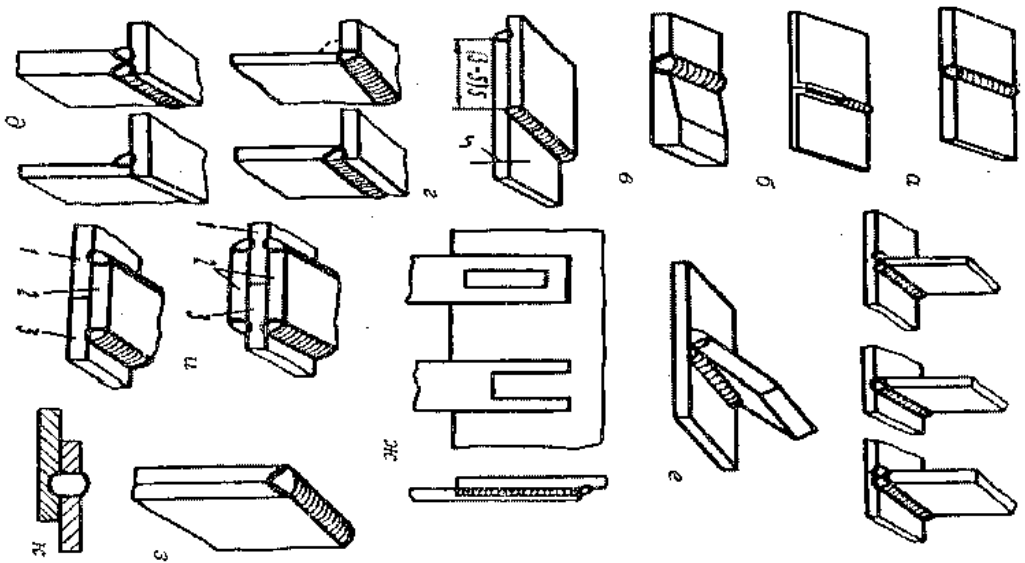


Рис. 30. Основные виды сварных соединений:
а — стыковые, **б** — стыковые с отбортовкой, **в** — стыковые листов разной толщины, **г** — нахлесточные, **д** — угловые, **е** — тавровые, **ж** — проварные, **з** — торцовые, **и** — с накладками, **к** — электросварные; **1, 3** — свариваемые детали, **2** — накладки

По виду соединения различают сварные швы стыковые, угловые, тавровые и нахлесточные (рис. 30). Стыковыми соединением называется соединение двух элементов, примыкающих друг к другу торцовыми поверхностями. Угловое соединение — сварное соединение двух элементов, расположенных под углом друг к другу (не обязательно под углом в 90°) и сваренных в месте примыкания их краев. Тавровым называется соединение, в котором торец одного элемента примыкает под углом (также не обязательно в 90°) и приварен к боковой поверхности

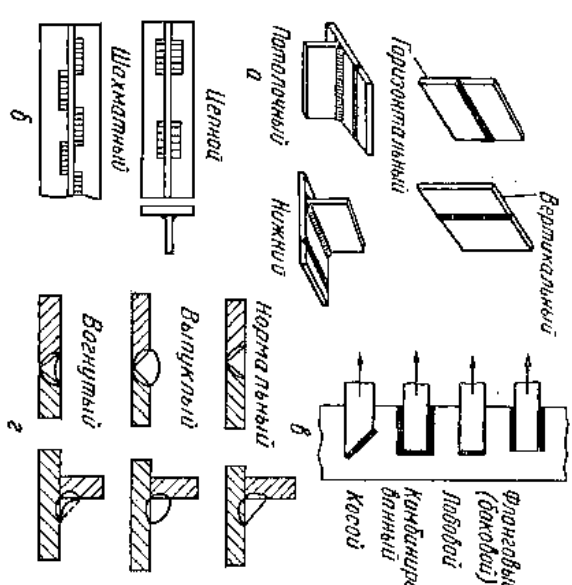


Рис. 31. Классификация сварных швов:
а — по положению в пространстве, **б** — по протяженности, **в** — по отношению к направлению действующих усилий, **г** — по форме наружной поверхности

другого элемента. Наклесточным называется соединение, при котором элементы расположены параллельно друг другу и частично друг друга перекрывают.

По расположению в пространстве различают сварные швы нижние, вертикальные, горизонтальные и потолочные (рис. 31). Выход шва из потолочного положения в вертикальное при сварке цилиндрических изделий называют полушаровым положением.

Швы сварных соединений различают также по конфигурации: различают швы прямоугольные, кольцевые, вертикальные и горизонтальные (рис. 32).

По протяженности швы подразделяются на сплошные и прерывистые. Сплошные швы, в свою очередь, делятся на короткие, средние и длинные. По характеру выполнения различают швы односторонние и многосторонние.

В зависимости от направления действия внешних усилий сварные швы подразделяют на фланговые, лобовые, комбинированные и косые (рис. 31). Во фланговом шве внешнее усилие действует параллельно оси шва, в лобовом — ось шва перпендикулярна действующему усилию; для комбинированного шва — это комбинация флангового и лобового, а в косом шве ось его располагается под углом к направлению действующего усилия.

Сварные швы различаются также по форме наружной поверхности, которая может быть нормальной (плоской), выпуклой и вогнутой. Соединения с выпуклыми швами лучше работают при статических нагрузках, однако они менее экономичны. Вогнутые и плоские швы лучше работают при динамических и знакопеременных нагрузках.

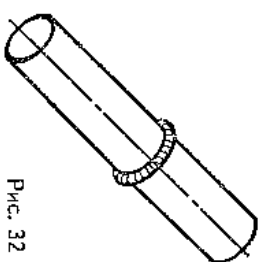


Рис. 32

§ 19. Геометрические характеристики формы подготовки кромок под сварку

Форму подготовки кромок под сварку характеризуют следующими параметрами (рис. 33).

- угол разделки кромок L ;
- зазор между стыкуемыми кромками a ;
- величина притупления кромок S ;
- длина скоса листа (L) при соединении металлов разной толщины;
- смещение кромок относительно друг друга b .

Угол разделки кромок выполняется при толщине металла свыше 3 мм, так как в противном случае может возникнуть испортившийся по сечению сварного соединения, а также перегрев и перекос металла. Если разделка кромок отсутствует, для обеспечения нормального провара приходится увеличивать величину сварочного тока.

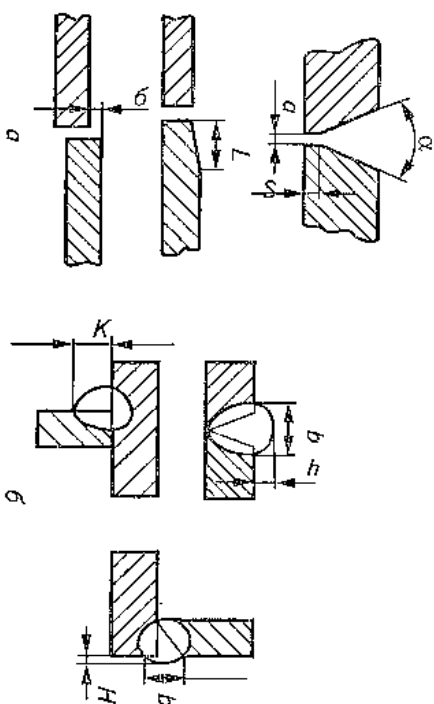


Рис. 33. Элементы геометрической формы:
 a — подготовка кромок под сварку, b — шва

Разделка кромок дает возможность проводить сварку отдельными слоями небольшого сечения, что улучшает структуру сварного соединения и уменьшает сварочные напряжения и деформации.

Величина зазора между стыкуемыми кромками зависит от толщины металлов, марки металлов, способа сварки и других факторов. Правильно выбранный зазор обеспечивает качественней провар по сечению сварного соединения.

Длиной скоса листа регулируют плавность перехода от толстой детали к более тонкой, что способствует уменьшению напряжений в сварных конструкциях.

Притупление кромок осуществляется для обеспечения устойчивого ведения процесса сварки, когда выполняется корневой шов. Если притупление отсутствует, это вызывает образование при сварке прижога.

Смещение кромок ухудшает прочность сварного соединения, а также способствует возникновению недровара и концентраций напряжений.

Шов сварного соединения геометрически характеризуется следующими параметрами:

- шириной шва e ;
- высотой шва h ;
- величиной катета шва K (для тавровых, угловых и нахлесточных соединений).

§ 20. Условные обозначения сварных швов

На чертежах сварные швы обозначаются независимо от способа сварки сплошной линией, если шов невидим (рис. 34). Поперечное сечение сварного шва изображается так, как показано на рисунке.

Обозначение шва отмечают выносской, которая состоит из наклонной линии и полки. Наклонная линия имеет на конце стрелочку, закругляющуюся на месте шва.

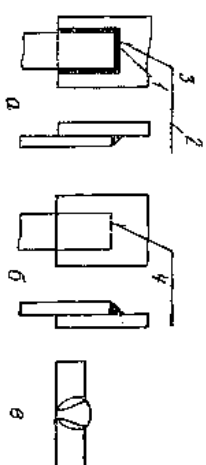


Рис. 34. Условное изображение сварных швов:
 a, b — видимый и невидимый швы, g — поперечное сечение;
 1 — односторонняя стрелка, 2 — полка,
 3 и 4 — элементы видимого и невидимого швов

Полочка служит для разметки условных знаков, характеризующих сварной шов (знаки располагают над полкой, если указана лицевая сторона шва, а под ней, если указана обратная сторона).

Характеристика шва состоит из следующих элементов (табл. 3):

- обозначение стандарта на типы и конструктивные элементы швов;
- буквенно-цифровое обозначение сварных швов, которое принято в данном стандарте;
- условное обозначение способа сварки, принятого в стандарте (может не указываться);
- для угловых, тавровых и нахлесточных соединений — знак профиля шва и размер его катета;
- размер длины провариваемого участка (для прерывистых швов), шага и знака, которые обозначают шаг-матный или цепной шов;
- вспомогательные знаки (табл. 4).

С помощью вспомогательных знаков обозначаются особые условия выполнения швов (например, выполнение шва со стальным усилением, выполнение сварки на монтаже и т. д.).

Государственные стандарты на условные обозначения швов сварных соединений

Государственный стандарт	Наименование ГОСТа	Вид соединения	Условные обозначения швов
5264-69	Швы сварных соединений Ручная дуговая сварка	Стыковое	С1-С25
		Угловое	У1-У11
		Тавровое	Т1-Т11
		Нахлесточное	Н1-Н3
11534-75	То же (под острым и тупым углами)	Угловое	У11-У15
		Тавровое	Т11-Т15
14771-76	Швы сварных соединений. Дуговая сварка в защитном газе	Стыковое	С1-С27
		Угловое	У1-У10
		Тавровое	Т1-Т9
		Нахлесточное	Н1-Н4

Таблица 4
Вспомогательные знаки для обозначения швов сварных соединений

Особенности швов	Условный знак
Прерывистый шов с децимым расположением участков	
То же, с шахматным расположением	
Монтажный шов	
Шов по замкнутому контуру	
То же, по незамкнутому	
Шов со снятым усилением	
Шов, имеющий местную обработку в переходах к основному металлу	

Глава 5. Сварные соединения и швы
Элементы условного обозначения предполагаются стро-
го в указанной последовательности и отделяются друг от
друга черточкой.

Примеры условных обозначений швов сварных соединений

Таблица 5

Наименование шва	Примеры обозначения
Стыковой односторонний на остающейся подкладке, со скосом двух кромок, выполненной дуговой сваркой покрытыми электродами	
Стыковой двусторонний с криволинейным скосом двух кромок, выполненной дуговой сваркой покрытыми электродами	
Стыковой двусторонний с двумя симметричными скосами двух кромок, выполненной дуговой сваркой покрытыми электродами. Усилки переходя от шва к основному металлу дополнительно обработаны	
Стыковой односторонний со скосом двух кромок замковой. Усилки шва сняты механической обработкой	
Шов углового соединения односторонний, без скоса кромок, выполненный дуговой сваркой покрытыми электродами на монтаже. Катет шва 5 мм	
Шов таврового соединения плавильным односторонним, выполненный по замкнутому контуру дуговой сваркой в углекислом газе плавящимся электродом. Шов прерывистый с шахматным расположением участков. Катет шва 6 мм, длина провариваемого участка 50 мм, шаг 150 мм	
Шов таврового соединения плавильным односторонним, без скоса кромок, выполненный полуавтоматической сваркой по незамкнутому контуру. Катет шва 4 мм	
Стыковой двусторонний с двумя симметричными скосами двух кромок, выполненный ручной дуговой сваркой. Обозначение условное, если стандарт укажет в примечаниях чертёж	
Упрощенное обозначение для наложения на чертеже одинаковых швов и при указанных обозначениях у одного из них за № 1	
То же в случае, если бес швы на чертеже двиплановы и изображены с одной стороны	

Основные виды сварки обозначаются следующим образом:

P — ручная дуговая сварка (штучным электродом);

Φ — дуговая сварка под слоем флюса;

$УП$ — сварка в активном газе (или же в смеси инертного и активного газов) плавящимся электродом;

$ИП$ — сварка в инертном газе плавящимся электродом;

$ИН$ — сварка в инертном газе неплавящимся электродом;

$Г$ — газовая сварка;

$Пл$ — плазменная сварка;

$ЭП$ — электроннолучевая сварка.

Буквенные обозначения способа сварки проставляются на чертеже только в случаях, когда применяется несколько видов сварки.

Некоторые примеры условных обозначений сварных швов на чертежах приведены в табл. 5.

§ 21. Понятие о расчете сварных швов на прочность

При расчете сварных соединений на прочность, прежде всего, необходимо знать площадь поперечного сечения шва. Эту площадь можно найти, перемножив толщину сварного шва на его длину.

Допускаемое усилие в сварном соединении при растяжении можно найти по формуле

$$P = \sigma_p \cdot d \cdot l$$

или по формуле

$$P = \sigma_p \cdot S.$$

66

Допускаемое напряжение при сжатии находится по формуле

$$P = \sigma_{сж} \cdot d \cdot l$$

или по формуле

$$P = \sigma_{сж} \cdot S.$$

В этих формулах используются следующие обозначения:

P — допускаемое усилие,

d — толщина соединяемых элементов,

l — длина сварного шва,

S — площадь поперечного сечения,

σ_p — допускаемое напряжение в сварном шве при растяжении,

$\sigma_{сж}$ — допускаемое напряжение при сжатии.

При расчете на прочность нахлесточного соединения используют следующую расчетную формулу:

$$P = \tau_{ср} \cdot 0,7 \cdot K \cdot l,$$

где $\tau_{ср}$ — допускаемое напряжение направленного металла при срезе, K — длина катета.

Значения допускаемых напряжений σ_p , $\sigma_{сж}$ и $\tau_{ср}$ находят по справочникам.

Вопросы для самопроверки

1. Назовите сварные швы по виду соединения.
2. Какие виды сварных швов по расположению в пространстве вы знаете?

34

67

3. Как характеризуются формы подготовки кромок под сварку?
4. Как характеризуется форма сварных швов?
5. Приведите некоторые примеры условного обозначения сварных швов.

Глава 6. ЭЛЕКТРОДЫ И ДРУГИЕ СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

§ 22. Проволока сварочная стальная

Стальная сварочная проволока, предназначенная для сварки и наплавки, изготавливается по ГОСТ 2246-70.

Стандартом предусматривается 77 марок сварочной проволоки различного химического состава: 6 марок низкоуглеродистой проволоки, 30 марок легированной проволоки и 41 марка высоколегированной проволоки.

В легированной проволоке содержится от 2,5 до 10% легирующих компонентов, в высоколегированной — свыше 10%.

Буквы и цифры в наименовании марок проволоки означают:

Св — проволока сварочная;

08 — 0,8% углерода (среднее содержание);

А — нормальное, АА — еще более низкое содержание вредных примесей серы и фосфора;

Г — проволока, легированная марганцем (условные обозначения легирующих элементов см. в Приложении 1).

Таким образом, например, марка сварочной проволоки Св-08ГС расшифровывается следующим образом: Св — сварочная проволока, содержащая 0,8% углерода, до 1% марганца и до 1% кремния.

Таблица 6

Химический состав некоторых марок сварочной проволоки (по ГОСТ 2246-70)

Марка проволоки	Содержание элементов, %							Назначение проволоки
	Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Сера	Фосфор	
						Не более		
Св-08 (низкоуглеродистая)	не более 0,10	не более 0,03	0,35—0,60	не более 0,15	не более 0,30	0,04	0,04	Для обычных изделий
Св-08А	не более 0,10	не более 0,03	0,35—0,60	не более 0,12	не более 0,25	0,03	0,03	Ответственные изделия
Св-08АА	не более 0,10	не более 0,03	0,35—0,60	не более 0,10	не более 0,25	0,02	0,02	Особо ответственные изделия
Св-08ГА (низкоуглеродистая)	не более 0,10	не более 0,03	0,80—1,10	не более 0,10	не более 0,25	0,025	0,03	Для сварки низкоуглеродистых сталей под флюсом
Св-08Г2С	0,05—0,11	0,7—0,95	1,8—2,1	не более 0,20	не более 0,25	0,025	0,03	Для сварки низкоуглеродистых сталей в углекислом газе
Св-18ХГС (легированная)	0,15—0,22	0,9—1,2	0,8—1,1	0,8—1,1	не более 0,30	0,025	0,03	—
Св-06Х119Н9Г	не более 0,08	0,4—1,0	1,0—2,0	18,0—20,0	8,0—10,0 титана — 0,5—1,0	0,015	0,03	Для сварки хромоникелевой аустенитной стали

Сварочная проволока выпускается следующих диаметров: 0,3; 0,5; 0,8; 1,0; 1,4; 1,6; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0; 12,0 мм.

Проволока диаметром до 3 мм применяется для плазменной сварки, диаметром от 1,6 до 6 мм — для ручной дуговой сварки штучными электродами; от 2 до 5 мм — для автоматической сварки под флюсом; проволока больших диаметров применяется для наплавочных работ.

В стандарте указаны технические условия на маркировку, упаковку, транспортировку, а также хранение проволоки. Каждый моток или бухта должна быть снабжена металлической биркой, на которой указывается наименование завода-изготовителя, условное обозначение проволоки, номер партии, клеймо технического контроля и т. п. Каждая партия проволоки снабжается сертификатом, в котором содержатся основные технические данные.

В табл. 6 приведены примеры химического состава некоторых марок сварочной проволоки.

§ 23. Порошковая проволока

Порошковая проволока представляет собой стальную оболочку с запрессованным в ней порошком. Порошковая проволока применяется как для сварки, так и для наплавки.

Современная порошковая проволока изготавливается в основном пяти типов (рис. 35): трубчатая, трубчатая с нахлестом, с загибом в оболочке (двух типов) и двухслойная.

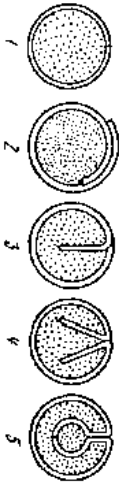


Рис. 35. Конструкция оболочек порошковых проволок

Таблица 7

Технические характеристики порошковой проволоки

Марка проволоки	Диаметр, мм	Конструкция	Основные компоненты порошка	Положение сварки	Прочность металла шва по сравнению с выполненными электродами	Примечание
ПП-АН1	2,8	простая трубчатая	рутил и целлюлоза	Н	Э50	Для сварки неответственных конструкций
ПП-АА3	3,0	двухслойная	мрамор, рутил, плавиковый шпат	Н	Э50А	Для сварки ответственных конструкций
ПП-АА7	2,3	двухслойная	то же	Н, В1, Г	Э50А	То же
ПП-АН11	2,0—2,4	двухслойная	то же	Н, В2, Г, П	Э50А	То же
ЭПС-15/2	2,5	с двумя загибами оболочки	то же	Н	Э50А	То же
ПП-2ДСК	2,3	с одним загибом оболочки	плавиковый шпат	Н	Э50А	То же
СП-1	1,6	—	мрамор, плавиковый шпат	В1, Г	Э50	Для сварки неответственных конструкций

Обозначения положений сварки: Н — нижнее; В1 — вертикальное «спизу вверх»; В2 — вертикальное «сверху вниз»; Г — горизонтальное; П — потолочное.

Порошковая проволока выпускается диаметром от 1,6 до 3,6 мм. Для оболочки используется лента из низкоуглеродистой стали марки 08К1П холодного проката в состоянии «мягкая» или «особо мягкая».

Проволока выпускается с пятью видами порошков (шихты):

- рутило-целлюлозная;
 - корбонатно-флюоритная (флюорит — плавиковый шпат CaF_2);
 - флюоритная;
 - рутило-флюоритная;
 - рутиловая.
- Технические характеристики некоторых марок порошковой проволоки приведены в табл. 7.

§ 24. Покрyтия электродов

Покрyтия электродов выполняют сразу много функций: стабилизируют горение дуги, защищают расплавленный металл от кислорода и азота воздуха, способствуют удалению вредных примесей, легируют металл шва для улучшения его свойств и т. д.

Электродные покрyтия состоят из плакообразующих, раскисляющих, газообразующих, легирующих, стабилизирующих и связующих компонентов.

Плакообразующие компоненты защищают расплавленный металл от воздействия кислорода и азота воздуха, а также частично очищают его. Плакообразующие компоненты уменьшают скорость охлаждения металла и способствуют удалению неметаллических включений.

Плакообразующие компоненты могут включать в себя марганцевую руду, титановый концентрат, каолин, мел,

полевой шпат, мрамор, кварцевый песок, доломит, а также некоторые вещества, стабилизирующие горение дуги.

Раскисляющие компоненты обеспечивают раскисление расплавленного металла сварочной ванны. К таким веществам относятся элементы, обладающие большим средством к кислороду, чем железо, например, марганец, алюминий, кремний, титан и др. Как правило, раскислители вводятся в электродное покрытие в виде ферросплавов.

Газообразующие компоненты создают при сгорании защитную газовую среду, которая предохраняет расплавленный металл от кислорода и азота воздуха. В качестве газообразующих используют такие вещества, как декстрин, древесная мука, целлюлоза, крахмал.

Легирующие компоненты вводятся в состав электродных покрyтий для придания металлу шва специальных свойств: высокая механическая прочность, жаростойкость, износостойкость, повышение сопротивляемости коррозии. В качестве легирующих компонентов служат хром, титан, марганец, молибден, ванадий, никель и некоторые другие элементы.

Стабилизирующие компоненты. В качестве стабилизирующих вводятся элементы, имеющие небольшой потенциал ионизации, — такие как натрий, калий и кальций.

Связующие компоненты применяются для связывания составляющих компонентов покрyтия между собой и со стержнем электрода. Для этого используют декстрин, желатин, натриевое или калиевое жидкое стекло и другие вещества. Основным связующим веществом служит, как правило, жидкое стекло.

В табл. 8 приведены составы наиболее часто встречающихся электродных покрyтий.

Составы распространенных видов
электродных покрытий

Вид покрытия	Содержание по массе, %							
	Силикаты	Руды	Дву-окись титана	Карбонаты	Плави-ковый шпат	Ферро-сплавы	Желез-ный порошок	Органичес-кие компо-ненты
Кислый	25-35	25-35	-	0-15	-	20-30	-	0-5
Рутиловый	10-25	0-5	30-50	5-10	-	10-15	0-20	2-8
Рутиловый высокопро-изводительный	6-12	10-15	10-30	0-10	-	6-12	40-60	1-3
Основной	5-20	-	0-10	25-50	15-35	5-15	0-20	0-2
Основной высокопроиз-водительный	5-8	-	0-10	5-20	6-15	7-12	40-60	0-2
Целлюлозный	5-15	0-5	15-30	0-8	-	10-15	0-10	25-40

§ 25. Классификация электродов

Электроды для дуговой сварки бывают двух основных типов: плавящиеся и неплавящиеся. Неплавящиеся электроды (угольные, графитовые, вольфрамовые) кратко описываются в § 27. Здесь же мы будем рассматривать только плавящиеся электроды, опуская для краткости термин «плавящиеся».

Электроды, применяемые для сварки и наплавки, классифицируются по целому ряду признаков:

- назначению (для сварки стали, чугуна, цветных металлов, для наплавочных работ);
 - технологическим особенностям (для сварки в различных пространственных положениях, для сварки с глубоким проплавлением, для ванной сварки);
 - виду и толщине покрытия;
 - химическому составу стержня и покрытия;
 - характеру шлака;
 - механическим свойствам металла шва;
 - способу нанесения покрытия (окунание или опрес-совка);
 - роду и полярности тока, а также по величине номинального напряжения холостого хода источника питания и т. д.
- Все типы электродов должны удовлетворять перечню основных требований к ним:
- обеспечивать стабильное горение дуги;
 - обеспечивать хорошее формирование шва;
 - способствовать получению металла сварного шва заданного химического состава;
 - обеспечивать спокойное и равномерное расплавление электродного стержня и покрытия — минимальное разбрызгивание электродного металла;

- обеспечивать легкое отделение шлаков;
- обеспечивать достаточную прочность сварного шва;
- обеспечивать высокую производительность сварки;
- должны сохранять свои физико-химические и технологические свойства в течение определенного промежутка времени;
- иметь минимальную токсичность при изготовлении и производстве сварочных работ.

По качеству (и точности) изготовления, состоянию поверхности покрытия и содержанию вредных примесей серы и фосфора электроды делятся на группы, обозначаемые цифрами 1, 2, 3.

Электроды для ручной дуговой сварки и наплавки подразделяются по назначению следующим образом (ГОСТ 9466-74):

- для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву до 60 кгс/мм² (обозначаются — У);
 - для сварки легированных сталей с временным сопротивлением разрыву свыше 60 кгс/мм² (Л);
 - для сварки легированных теплоустойчивых сталей (Т);
 - для сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами (В);
 - для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами (Н).
- Электроды подразделяются также по толщине покрытия на электроды с тонким, средним, толстым и особым толстым покрытиями (обозначаются буквами М, С, Д, Г соответственно).
- По виду покрытия электроды подразделяются следующим образом:
- с кислотным покрытием (обозначаются буквой А);
 - с основным покрытием (В);

- с рутильовым покрытием (Р);
 - с целлюлозным покрытием (Ц);
 - с покрытием смешанного типа (обозначаются двумя буквами);
 - с покрытием прочего вида (П).
- По виду пространственного положения электроды подразделяются:

- для сварки во всех пространственных положениях (обозначение — цифра 1);
- для сварки во всех пространственных положениях, кроме вертикального сверху вниз (обозначение — 2);

Таблица 9
Условные обозначения электродов в зависимости от тока и т. п. характеристик

Обозначение	Рекомендуемая полярность источника питания	Напряжение холостого хода источника переменного тока, В	
		Номинальное значение	Предельное отклонение
0	обратная	—	—
1	любая		
2	прямая	50	±5
3	обратная		
4	любая		
5	прямая	70	±10
6	обратная		
7	любая		
8	прямая	90	±5
9	обратная		

Примечание. Цифрой 0 обозначают электроды для сварки или наплавки только на постоянном токе обратной полярности.

— для положений нижнего, горизонтального на вертикальной плоскости и вертикального снизу вверх (3);
 — для нижнего положения и нижнего в «лодочку» (4).
 В табл. 9 даны условные обозначения электродов в зависимости от вида тока, его полярности и т. п.

26. Типы электродов для сварки конструкционных сталей

В обозначение типа электрода входит буква Э (электрод) и цифра, указывающая минимальное временное сопротивление разрыву металла шва или наплавленного металла или сварного соединения (в кгс/мм²).

Например, обозначение Э50 означает, что электроды этого типа обеспечивают минимальное временное сопротивление.

Если в обозначении после цифр присутствует буква А (например, Э42А, Э46А), это означает, что данный тип электрода обеспечивает более высокие пластические свойства наплавленного металла.

Наряду с типом электрода отличаются по маркам. Одному типу электродов может соответствовать несколько марок.

Например, электродам типа Э42 соответствуют марки ГОСТ-2, ЦМ-7, АНО-6.

Выбор типа электрода и его марки зависит от многих условий: марки свариваемой стали, толщины листа, жесткости изделий, температуры окружающего воздуха при сварке, просрагиваемого положения и т. д.

В табл. 10 приведены некоторые характеристики наиболее распространенных электродов для сварки углеродистых и низколегированных сталей.

Таблица 10

Типы электродов для сварки конструкционных сталей

Тип электрода	Механические свойства при нормальной температуре			Содержание в наплавленном металле, % (по массе)		
	металла шва			сварного соединения, выполненного электродами d менее 3 мм, угол загиба — град.	S	P
	Переменное сопротивление разрыву, кгс/мм ²	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость, кгс.м/см ²		Не более	
Э38	38	14	3	60	0,04	0,045
Э42	42	18	8	150	0,04	0,045
Э42А	42	22	15	180	0,03	0,035
Э46	46	18	8	150	0,04	0,045
Э46А	46	22	14	180	0,03	0,035
Э50	650	16	7	120	0,04	0,045
Э50А	50	20	13	150	0,03	0,035
Э55	55	20	12	150	0,03	0,035
Э60	60	18	10	120	0,03	0,035
Э70	70	14	6	—	0,03	0,035
Э85	85	12	5	—	0,03	0,035
Э100	100	10	5	—	0,03	0,035
Э125	125	8	4	—	0,03	0,035
Э150	150	6	4	—	0,03	0,035

Некоторые сведения об электродах даны далее в книге и в приложениях.

Условные обозначения электродов

В технических документах (чертежах, технологических картах и т. п.) условное обозначение электродов состоит из обозначения марки, диаметра и группы электрода (ГОСТ 0466-75).

На этикетке упаковочной тары (пачке, ящике) приводятся аналогичные, но более подробные сведения.

Например, этикетка может иметь следующую надпись:
Э46А-УОНИ-13/45-3,0-УД
Е43 2 (5) — В10

Эта надпись означает:

- электроды типа Э46А (прочностная характеристика = 460 МПа, улучшенная пластичность и вязкость металла шва);
 - марка электрода УОНИ-13/45;
 - диаметр электрода — 3,0 мм;
 - назначение электрода — У (для варки углеродистых и низколегированных сталей);
 - толщина покрытия — (с толстым покрытием);
 - номер группы — 2 (вторая);
 - группа индексов Е43 2(5) указывает характеристики металла шва по ГОСТУ 9467-75;
 - В — вид покрытия (основной);
 - 1 — допустимые пространственные положения (1 — для всех положений);
 - 0 — род тока (0 — постоянный ток обратной полярности).
- В технической документации эти электроды будут обозначены так:
УОНИ-13/45-3,0-2 ГОСТ 9466-75.

§ 27. Неплавящиеся электроды

Неплавящиеся электроды бывают угольные, графитовые и вольфрамовые.

Угольные электроды (ГОСТ 4425-72) изготавливаются из электротехнического угля, графитовые — из синтетического прессованного графита (ГОСТ 4426-71). Эти электроды имеют форму цилиндрических стержней диаметром от 5 до 25 мм и длиной 200–300 мм. Концы электродов затачиваются на конус под углом 60–70° (для сварки цветных металлов — под углом 20–40°).

Графитовые электроды мягкие, легко режутся, при сварке обычно дают лучшие результаты, чем угольные электроды. Графитовые электроды обладают большей электропроводимостью и большей стойкостью против окисления на воздухе при высоких температурах. Это дает возможность повысить плотность тока в 2,5–3 раза и сократить расход электродов по сравнению с использованным угольными электродами.

Наиболее широкое применение имеют вольфрамовые неплавящиеся электроды, которые изготавливаются из чистого вольфрама или вольфрама с различными присадками (окислы тория, лантана, иттрия). Наличие присадок (1–2%) облегчает зажигание дуги, увеличивает стойкость электрода при повышенной плотности тока.

Для электродов применяются вольфрамовые стержни следующих марок:

- ЭВ4 — электродный вольфрам чистый;
- ЭВЛ-10, ЭВЛ-20 — электродный вольфрам с присадкой окиси лантана (1–2%);
- ЭВИ-10, ЭВИ-2 — электродный вольфрам с присадкой окиси иттрия;
- ЭВТ — электродный вольфрам с присадкой окиси тория.

Диаметр вольфрамовых электродов составляет 2—10 мм в зависимости от величины сварочного тока.

§ 28. Флюсы для дуговой сварки

Флюсы для дуговой сварки подразделяются на флюсы общего назначения и специальные. К первым относятся флюсы для сварки низкоуглеродистых и некоторых низколегированных сталей. Флюсы специального назначения в зависимости от их марки предназначены для сварки некоторых легированных сталей, цветных металлов, наплавочных работ и т. д.

По содержанию кремния флюсы делят на две группы: высококремнистые и низкокремнистые. Высококремнистые флюсы содержат от 35 до 50% кремния (Si) и применяются в основном при сварке низкоуглеродистых сталей. Низкокремнистые флюсы содержат менее 35% кремния, используются обычно для сваривания легированных сталей.

По содержанию марганца флюсы делят на марганцевые, содержащие более 1% Mn, и безмарганцевые (менее 1% Mn).

По способу изготовления флюсы подразделяются на плавильные и неплавильные. Первые из них получают путем сплавления составляющих (шихты) в пламенных или электрических печах. Неплавильные флюсы получают измельчением и смешиванием составляющих в нужном соотношении. В неплавильных керамических флюсах, кроме того, составляют такие цементуют жидким стеклом, гранулируют и прокалывают.

Флюсы различают также по строению крупинок: стекловидные флюсы, пемзовидные и цементированные.

По химическому составу выделяют флюсы окисидные, солевые и смешанные (солеокисидные). Окисидные флюсы, в свою очередь, подразделяют на основные, кислые и нейтральные.

Таблица 11

Состав некоторых плавильных флюсов для сварки углеродистых сталей

№ п/п	Марка флюса	Содержание компонентов (в % по массе)									
		MnO	MgO	CaO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	K ₂ O Na ₂ O	SiO ₂	CaF ₂	S	P
1.	ОСЦ-45	38,0—44,0	До 2,5	До 6,5	До 2,0	До 5,0	—	38,0—44,0	6,0—9,0	до 0,15	до 0,15
2.	ОСЦ-45М	38,0—44,0	До 2,5	6,5	2,0	5,0	—	38,0—44,0	6,0—9,0	0,15	0,1
3.	ОЦ-9	40,0	До 1,0	3,5	0,5	11,0	—	39,5	2,6	—	—
4.	АН-8	23,5	6,0	3,5	1,5	13,0	—	34,5	16,0	до 0,15	до 0,15
5.	АН-348А	34,0—38,0	5,0—7,5	6,5	2,0	4,5	—	34,0—41,0	4,0—5,5	0,15	0,12
6.	АН-348АМ	34,0—38,0	6,0—7,5	6,5	2,0	4,5	—	41,0—44,0	3,5—4,5	0,15	0,12

К основным флюсам относятся, например, MgO , CaO , а в кислот — SiO_2 и TiO_2 . Фториды и хлориды металлов относятся к химически нейтральным соединениям.

Флюсы различают также по степени легирования металла шва:

- пассивные флюсы (т. е. флюсы, не вступающие во взаимодействие с расплавленным металлом);
- активные флюсы (две подгруппы — слабо легирующие металлы и сильно легирующие, к которым относятся большинство керамических флюсов).

В табл. 11 для примера приводится состав некоторых марок флюсов.

Вопросы для самопроверки

1. Какие виды сварочных материалов вы знаете?
2. Как обозначаются марки сварочной проволоки?
3. Какими бывают покрытия электродов?
4. Назовите несколько признаков, по которым классифицируются электроды.
5. Какие виды флюсов вы знаете?

Глава 7. ДЕФОРМАЦИЯ И НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ СВАРКЕ

§ 29. Силы деформации и напряжения

Силы, которые действуют на изделие, можно подразделить на внешние и внутренние.

Внешние силы возникают от внешней нагрузки: вес изделия, давление газа в сосуде, вес снега на крыше здания, сейсмические воздействия и др.

Внутренние силы возникают от изменения структуры металла под действием внешней нагрузки или при сварке, от изменения температуры изделия при эксплуатации и т. п. При расчетах на прочность внутреннюю силу часто называют усилением.

Внешние нагрузки могут быть статическими, то есть постоянными по величине и направлению, динамическими (то есть переменными) и ударными. Динамические знакопеременные нагрузки называют также **вибрационными**.

Деформацией называется изменение формы и размеров тела под действием внешней или внутренней силы.

Рассмотрим удлинение стержня длиной L , к которому приложены силы, возрастающие от P до P_1 , растягивающие его (рис. 34).

Под действием этих сил стержень удлиняется. Обозначим через L удлинение стержня (такое удлинение называется **абсолютным удлинением**). Отношение абсолютного удлинения к первоначальной длине стержня называется **относительным удлинением**:

$$\delta = \frac{\Delta L}{L}.$$

Относительное удлинение принято выражать в процентах, то есть

$$\delta = \frac{\Delta L}{L} \cdot 100\%.$$

При растяжении стержня постоянного сечения величина деформации определяется действующей силой и будет тем больше, чем больше приложенная сила.

Напряжением называют силу, отнесенную к единице площади поперечного сечения тела. Так как сила изме-

Растяги в кгс, а поперечное сечение в мм² или в см², то напряжение будет выражаться в кгс/мм².

Различают напряжения, возникающие при растяжении, сжатии, изгибе, кручении и срезе. Величину напряжения растяжения находят по формуле:

$$\delta_p = \frac{P}{F},$$

где δ_p — напряжение растяжения (выраженное в кгс/мм²);

P — растягивающая сила, кгс;

F — площадь поперечного сечения детали до ее разрушения, мм².

Деформации бывают упругие и пластические. Если форма и размеры тела восстанавливаются после прекращения действия силы, то такая деформация называется упругой. Если же деформация остается и после снятия нагрузки, то такая деформация называется пластической.

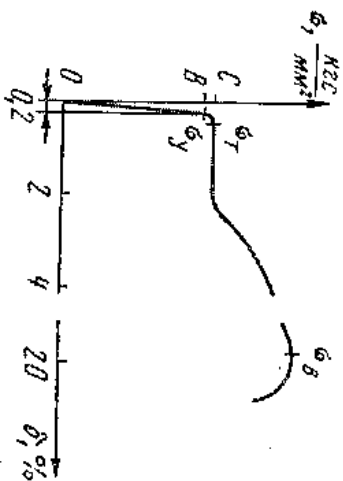


Рис. 36. Диаграмма растяжения стали:
 σ_y — предел упругости, σ_T — предел текучести,
 σ_B — временное сопротивление растяжению

На рис. 36 приведена диаграмма растяжения образца из низкоуглеродистой стали. При возрастании напряжения не более некоторого значения (который называется пределом упругости) деформация остается упругой. Точкой С на диаграмме отмечено напряжение, при котором появляется деформация, остающаяся и после снятия нагрузки, т. е. пластическая деформация. Эта точка называется **пределом текучести** σ_T .

Упругая деформация обычно очень незначительна по величине. Для низкоуглеродистых сталей она не превышает 0,2%. Увеличение напряжения свыше этого значения уже вызывает пластическую деформацию.

Предел упругости и предел текучести изменяются с ростом температуры, а именно — понижаются. Это значит, что пластическая деформация в нагретом металле возникает при меньших напряжениях или усилиях, чем в холодном металле.

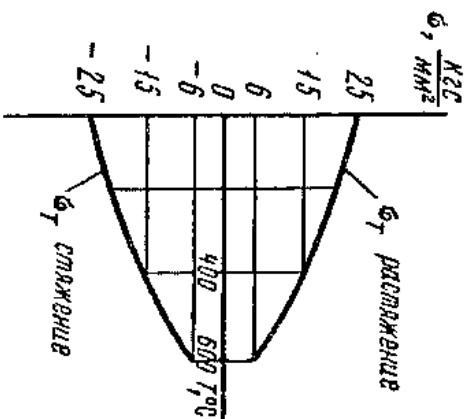


Рис. 37. Влияние температуры на величину предела текучести стали

Из рис. 37 видно, что предел текучести, равный 25 кгс/мм² при температуре 0°С, при температуре 400°С повышается до значения 15 кгс/мм², а при температуре 600°С — уже до 6 кгс/мм².

§ 30. Виды деформаций в сварных изделиях и их причины

Деформации в сварных конструкциях появляются вследствие внутренних напряжений, которые вызываются различными причинами.

Причины возникновения этих напряжений можно разделить на две основные группы:

— **неизбежные**, без которых процесс обработки невозможен;

— **сопутствующие**, которые, в принципе, можно устранить.

К неизбежным причинам возникновения напряжений при сварке относятся, например, неравномерный нагрев, кристаллизационная усадка швов, структурные изменения металла шва и околошовной зоны и т. д.

К сопутствующим причинам возникновения напряжений и деформаций относятся такие причины, как:

— неверные конструктивные решения сварных узлов (неправильно выбранный тип соединения, слишком близкое расположение сварных швов, частое пересечение сварных швов и т. д.);

— неправильное применение техники и технологии сварки (несоблюдение режимов сварки, неправильный выбор электродов, некачественная подготовка металла к сварке и т. д.);

— низкая квалификация сварщика.

Любой металл при нагревании расширяется, а при охлаждении сжимается. При изменении температуры изменяется структура металла, происходит перегруппировка атомов из одного типа кристаллической решетки в другой.

Например, олово способно переходить от одного типа кристаллической решетки к другому, причем со значительным изменением объема (до 26%). Это вызывает возникновение значительных внутренних напряжений, которые, в свою очередь, нередко приводят к образованию трещин. Если олово будет достаточно длительное время находиться при температуре —20°С, оно начинает разрушаться от самопроизвольного растрескивания.

Изменение температуры приводит к перемещению частиц металла. Если такое перемещение будет встречать сопротивление, то в металле возникнет напряженное состояние.

Такое сопротивление может вызваться закреплением детали, препятствующим свободному растяжению или сжатию при нагревании или охлаждении.

Кроме того, напряжения в металле могут вызываться неравномерным нагреванием, когда одни области нагреваются больше, другие меньше.

Напряжения могут возникнуть также в результате изменений структуры.

Например, кристаллизационная усадка металла шва происходит из-за того, что металл шва при охлаждении уменьшается в объеме, но поскольку шов имеет жесткую связь с более холодным металлом, его усадка вызывает появление внутренних напряжений. Если же происходит кристаллизационная усадка незакрепленного (свободного) образца металла, это приведет только к его укорочению. В случаях, когда усадка имеет место при жестком

закрепления свариваемых деталей или при неравномерном нагреве, в конструкции после охлаждения возникают внутренние напряжения, вызывающие ее деформацию. Деформации, возникающие при сварке, принято разделять на следующие виды:

- временные и остаточные;
 - местные и общие;
 - в плоскости и вне плоскости сварного соединения.
- Деформации, которые возникают в некоторый момент времени при сварке, а после сварки исчезают, называются временными.

Деформации, возникающие в изделии к моменту его полного охлаждения, называются остаточными, или ко- нечными.

Местные деформации возникают в отдельных участках изделий (выпучины, волнистости и т. д.), деформации, при которых искривляются геометрические оси и изменяются размеры всего изделия, называются общими.

Деформации возможны в плоскости сварного изделия (рис. 38) — например, продольные и поперечные, а также вне плоскости (рис. 39).

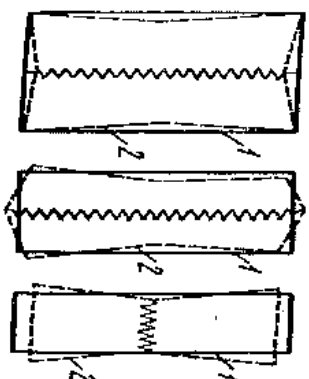


Рис. 38. Деформации в плоскости сварных соединений:
1 — форма соединения до сварки, 2 — после сварки

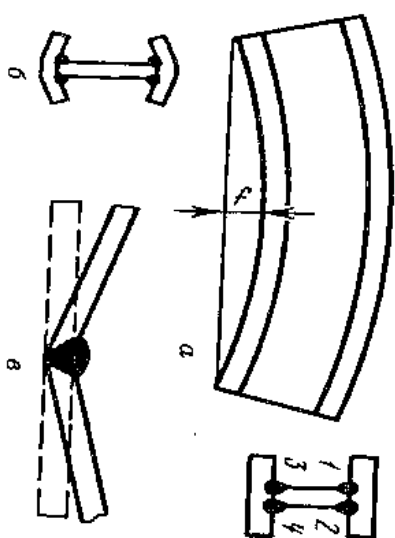


Рис. 39. Деформации вне плоскости сварных соединений:
а — серповидность балки, б — гибовидность полки балки,
в — угловая деформация стыкового соединения, г — прогиб балки,
1, 2, 3, 4 — порядок наложения швов

§ 31. Основные методы борьбы со сварочными напряжениями и деформациями

При выполнении сварочных работ невозможно полностью избежать остаточных деформаций. Можно лишь свести их к некоторой минимальной величине.

Методы борьбы со сварочными деформациями подразделяются на две большие группы — конструктивные и технологические.

К конструктивным методам относятся следующие:

- уменьшение количества сварных швов и их сечений. Это уменьшает количество вводимого при сварке тепла и тем самым уменьшает деформации;

— симметрическое расположение швов для уравновешивания деформаций (рис. 40);

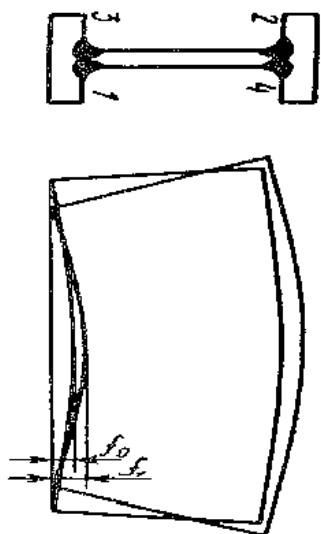


Рис. 40. Влияние симметричных швов на деформации: 1, 2, 3, 4 — порядок наложения швов

- симметричное расположение ребер жесткости;
- уменьшение использования накладок и козылков;
- применение стыковых соединений вместо других (там, где это возможно).

Технологические методы борьбы со сварочными деформациями включают следующие способы:

1. *Рациональная технология сборки изделия и сварки.*

Сюда входит правильный выбор вида сварки и ее режима, а кроме того, выбор правильной последовательности наложения швов. Например, соединение без скоса кромок дает меньше деформации, чем соединение со скосом. Соединения с двусторонней раздельной крошкой образуют меньше деформации, чем соединения с односторонней разделькой.

Величина деформаций зависит от способов сборки изделия и способов прихватки (прихватками называют короткие швы небольшого сечения — до 1—3 сечения полного шва).

Величина конечных деформаций сильно зависит от последовательности выполнения швов. На рис. 41 приведен пример правильной последовательности сварки, при ко-

торой деформации будут наименьшими. Сначала выполняются поперечный шов 2, затем продольный 1, а уже после этого сваривают поперечный вертикальный шов 3.

2. *Жесткое закрепление деталей.*

Закреплением можно снизить сварочные деформации до 10—30%. Полностью устранить деформации закрепить невозможно, т. к. после освобождения изделие продолжит деформироваться.

3. *Уравновешивающие деформации.*

Сюда можно отнести способ определенной последовательности наложения швов, при котором деформации от предыдущих компенсируются деформациями от последующих швов.

Сюда же относится способ, при котором изделие предварительно изгибают на некоторую величину в сторону, обратную, по сравнению с изгибом, который вызывает сварка. Используя обратный изгиб, можно полностью устранить конечные сварочные деформации.

4. *Предварительный нагрев изделия.*

При этом способе снижается перепад температур между частями соединения и в результате снижаются напряжения и конечные деформации. Применяется также сопутствующий подогрев.

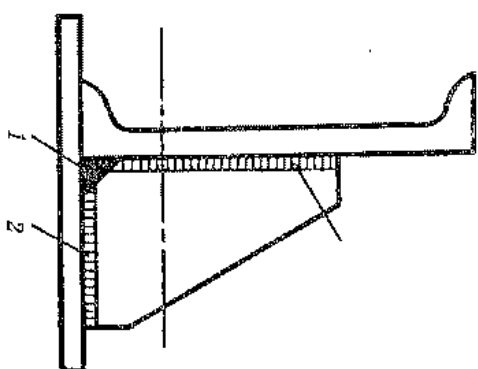


Рис. 41. Правильная последовательность сварки узла; 1 — продольный шов, 2, 3 — поперечные швы

5. Проковка швов и околошовной зоны.

Проковка создает местную пластическую деформацию удлинения, обратную деформации укорочения при сварке, вследствие чего сварное изделие приобретает первоначальную форму и размеры.

Кроме проковки применяются и другие способы силового воздействия, например, обкатка, вибрационное давление и др.

6. Общий обзор сварного изделия.

Такой обзор наиболее широко применяется для сталей, склонных к образованию закалочных структур вблизи сварного шва, и для конструкций, которые работают при значительных нагрузках.

7. Механическая правка изделий после сварки.

Осуществляется либо вручную, тяжелым молотком, либо на прессах и станках.

3. *Термическая правка* сварных изделий осуществляется либо местным нагревом некоторых частей, либо наплавкой валков с обратной стороны шва.

Вопросы для самопроверки

1. Какое явление называется деформацией?
2. Чем отличаются упругая и пластическая деформация?
3. Что называют напряжением?
4. Как изменяются предел упругости и предел текучести с ростом температуры?
5. Назовите основные причины появления деформаций в сварных изделиях.
6. Назовите основные группы методов уменьшения сварных деформаций.
7. Назовите несколько способов борьбы со сварочными деформациями.

Глава 8. ТЕХНИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ

§ 32. Подготовка металла для сварки

Подготовительные операции под сварку включают резку, правку, очистку, разметку и сборку.

При подготовке деталей к сварке применяют главным образом термическую резку. Механическая резка выполняется в случаях, когда это целесообразно (например, при заготовке однотипных деталей, при заготовке деталей прямоугольного сечения и т. д.).

Правка металла выполняется либо на станках, либо вручную. Листовой и полосовой металл правят в холодном состоянии на различных листопрямильных вальцах и прессах. Сильно деформированный металл правят в горячем состоянии. Ручная правка, как правило, осуществляется на специальных правильных плитах ударами кувалды либо при помощи ручного винтового прессы.

Разметкой называется перенос размеров деталей в натуральную величину с чертежа на металл. При разметке используют различные инструменты: линейку, угольник, чертилку и т. п. Гораздо проще и быстрее разметка выполняется при помощи шаблона, изготовленного, например, из тонкой листовой стали.

При разметке необходимо учитывать укорачивание деталей в процессе сварки. Для этого предусматриваются припуски из расчета 1 мм на каждый поперечный стык и 0,1—0,2 мм на каждый погонный метр продольного шва.

Основной металл и присадочный материал перед сваркой тщательно очищаются от ржавчины, окатины, масла, влаги и различных неметаллических загрязнений. Зачистка производится вручную и с помощью механизированного инструмента.

§ 33. Сборка изделий под сварку

Трудоемкость сборки изделий под сварку достигает 30% общей трудоемкости изготовления. Поэтому для сокращения трудоемкости сборки (а также для повышения ее точности) применяются различные приспособления, специальные инструменты, шаблоны и т. д.

Приспособления могут быть предназначены исключительно для сборки деталей под сварку или только для сварки уже собранных изделий. Применяются также комбинированные сборочно-сварочные приспособления, в которых допускается некоторое перемещение элементов конструкции при усадке металла шва.

Перечислим некоторые требования к сборочно-сварочным приспособлениям, они должны:

- обеспечивать доступность мест установок деталей, рукояток фиксирующих и зажимных устройств, мест прихваток и сварки;
- быть достаточно прочными и жесткими;
- обеспечивать точность закрепления детали в нужном положении и предотвращать деформациям во время сварки;
- обеспечивать наибольший порядок сборки и сварки, свободный доступ для проверки размеров;
- обеспечивать безопасность сборочных и сварочных работ.

Проверку качества сборки удобно производить специальными шаблонами и шуплами. На рис. 42 показаны примеры использования подобных инструментов.

Собранные детали и узлы соединяют сначала *прихватками*. Сварочными прихватками называются короткие швы с поперечным сечением до одной трети поперечного сечения полного шва. Длина прихватки может состоять

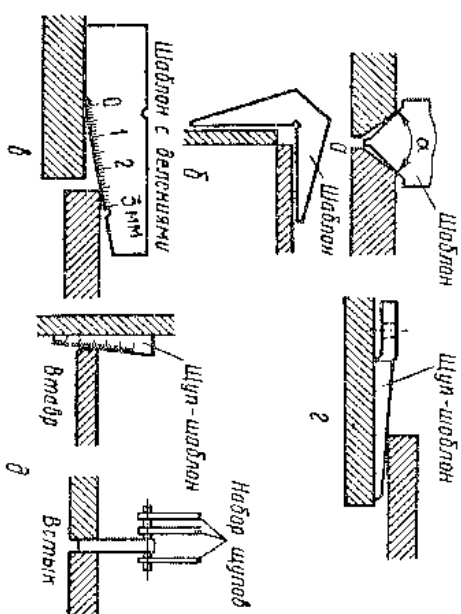


Рис. 42. Инструмент для проверки качества сборки:
 а — угла раскрытия кромок, б — прямого угла, в — смещения листов,
 2 — зазора между листами при сварке внахлестку,
 в — зазора при сварке втавр и встык

доть от 20 до 100 мм в зависимости от толщины свариваемых листов и общей длины шва. Расстояние между прихватками — 500–1000 мм в зависимости от длины шва. Сварочные прихватки выполняются теми же электродами, что и сварку изделия.

§ 34. Техника выполнения сварных швов

Зажигание сварочной дуги

Применяется два способа зажигания дуги покрытыми электродами — способ прямого отрыва и отрывом по кри-вой. Первый способ называют также зажиганием впритык,

а второй — чирканьем. Первый способ чаще всего применяется при варке в неудобных и узких местах.

Длина дуги

Горение дуги должно поддерживаться так, чтобы ее длина оставалась постоянной. Правильно выбранная длина дуги оказывает существенное влияние на качество сварного шва и на производительность процесса сварки.

Подавать электрод в дугу нужно с той скоростью, с которой происходит плавление электрода. Уменьше подерживать дугу постоянной длины свидетельствует о квалитивированности сварщика.

Длина дуги считается нормальной, если она равна 0,5–1,1 диаметра стержня электрода. Увеличение длины дуги снижает устойчивость ее горения, глубину проплавления металла, увеличивает потери на утар и разбрызгивание электрода. Кроме того, это усиливает вредное воздействие окружающей атмосферы на расплавленный металл и ведет к образованию швов с неровной поверхностью.

Положение электрода

Наклон электрода при сварке варьируется в зависимости от пространственного положения сварных швов, толщины и химического состава свариваемого металла, диаметра электрода, толщины и вида его покрытия.

Сварка может вестись в четырех направлениях (рис. 43): слева направо, справа налево, от себя и к себе.

Вне зависимости от направления сварки наклон электрода должен быть определенным: электрод наклоняется к оси шва так, чтобы основной металл проплавлялся на наибольшую глубину. При сварке в нижнем положении на горизон-

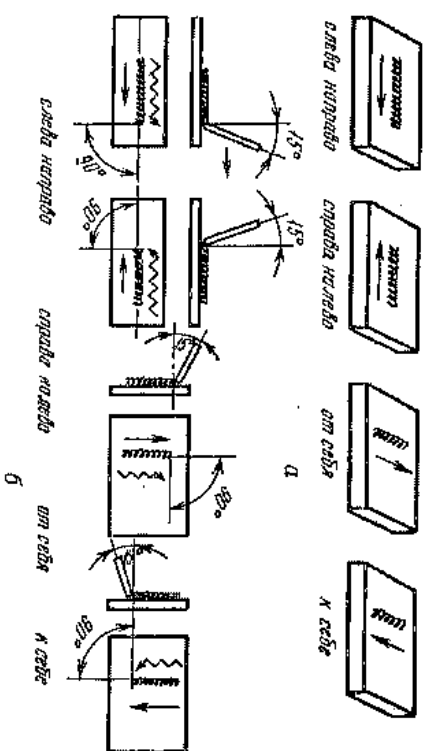


Рис. 43. Направления сварки (а) и наклон электрода (б)

тальной плоскости этот наклон должен составлять 15 градусов от вертикали в сторону ведения шва (рис. 43, б).

Углы наклона электрода в других пространственных положениях приведены на рисунках.

Колебательные движения электродом

Для получения валика нужной ширины должны производиться поперечные колебательные движения электрода. В случае перемещения электрода только вдоль оси шва (без поперечных колебательных движений) ширина валика будет определяться силой сварочного тока и скоростью сварки (примерно 0,8–1,5 диаметра электрода). Такие узкие (так называемые, «ничные») валики применяются при сварке тонких листов металла, наложении первого (корневого) слоя многослойного шва, сварке по методу опирания и в некоторых других случаях.

Гораздо чаще применяются швы, имеющие ширину от 1,5 до 4 диаметров электрода, которые получают с помощью колебательных движений.

Основными видами поперечных колебательных движений электрода являются (рис. 44).

- прямые по ломаной линии;
- полумесцем, обращенным концами к наплавленному шву;
- полумесцем, обращенным концами к направлению сварки;
- треугольниками;
- петлеобразные с задержками в определенных местах.

Поперечные движения электрода по ломаной линии часто используют при выполнении наплавки, при сварке листов встык без скоса кромок в нижнем положении, а также в тех случаях, когда нет опасности прожога свариваемого металла.

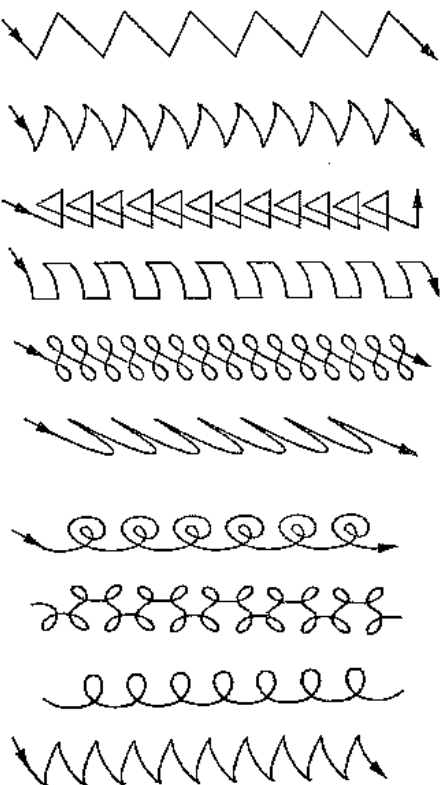


Рис. 44. Траектория движения конца электрода при наплавке уширенных валков

100

Движения полумесцем с концами, обращенными к наплавленному шву, используют для выполнения стыковых швов со скосом кромок и для угловых швов с катетами менее 6 мм, в любом пространственном положении электродами диаметром до 4 мм.

Движения треугольником неизбежны при сварке угловых швов с катетами шва более 6 мм и стыковых швов со скосом кромок в любом пространственном положении. При этом достигается хороший провар корня шва и удовлетворительная форма шва.

Петлеобразные движения электродом используются в случаях, когда требуется большой прогрев металла по краям шва, что часто бывает при сварке высоколегированных сталей. Эти стали обладают достаточно высокой текучестью и для того, чтобы достигнуть удовлетворительного формирования шва, приходится задерживать электрод на краях. Это необходимо, чтобы предотвратить прожог металла в центре шва и вытекание металла из сварочной ванны при выполнении вертикальных швов. Петлеобразные движения могут быть заменены на движения полумесцем с задержкой на краях шва.

Способы заполнения шва по сечению и длине

Для заполнения швов по длине применяются метод «напроход» и обратноступенчатый метод. Метод сварки «напроход» заключается в том, что сварной шов выполняется от начала до конца в одном направлении.

При обратноступенчатом методе длинный шов подразделяют на сравнительно короткие участки.

Но методы заполнения швов по сечению различают (рис. 45):

- односторонние швы;

101

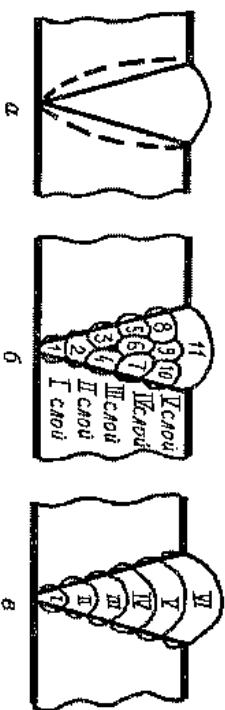


Рис. 45. Сварные швы:
а — однослойный и однопроводный, б — многослойный и многопроводный,
в — многослойный

— многослойные швы;
— многослойные многопроводные швы.

Многослойные многопроводные швы отличаются от многослойных тем, что некоторые слои выполняются за несколько проходов, тогда как в многослойных обычных швах каждыйшов выполняется за один проход.

Многослойные швы чаще применяются при сварке стальных соединений, а многопроводные — при сварке угловых и тавровых соединений.

Чтобы нагрев металла шва был более равномерным по всей его длине, используют также способ двойного слоя, способ заголения секциями, каскадом и горкой. В основе всех этих способов — метод обратноступенчатой сварки.

Способ двойного слоя заключается в том, что наложение второго слоя ведется по еще неостывшему первому слою (после удаления шлака). Сварка производится на длине 200—400 мм в противоположных направлениях для предотвращения появления горячих трещин.

При сварке толстых стальных листов (20 мм и более) применяют сварку каскадом и горкой. Как показано на рис. 46, заполнение многослойного шва при сварке секциями и каскадом производится по всей толщине свариваемого металла на определенной длине ступени.

ваемого металла на определенной длине ступени. Длина ступени подбирается так, чтобы металл в корне шва имел температуру не менее 200 °С в процессе выполнения сварного шва по всей толщине. При этом условия металла обдает достаточной пластичностью, и трещины не образуются. Сварка горкой выполняется проходами по всей толщине металла.

В целом многослойная сварка имеет ряд преимуществ перед однослойной сваркой:

— объем сварочной ванны уменьшается, в результате чего увеличивается скорость остывания металла и уменьшается размер зерен;

— небольшая сила сварочного тока при многослойной сварке вызывает расплавление небольшого количества основного металла; вследствие чего химический

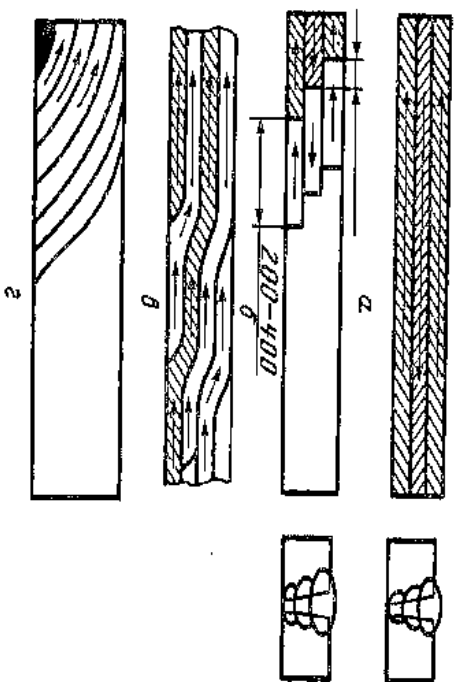


Рис. 46. Схемы заполнения многослойного шва с малым интервалом времени:
а — секциями, б — каскадом, в — горкой

состав наплавленного металла близок к составу основного металла;

— каждый последующий слой шва термически влияет на металл предыдущего слоя, в результате чего он и окончательный металл имеют мелкозернистую структуру с повышенной вязкостью и пластичностью.

Окончание шва

Заканчивая шов, нельзя сразу же обрывать дугу — на поверхности металла останется сварочный кратер. Кратер может привести к возникновению трещины.

При сварке низкоуглеродистых сталей кратер либо заполняют электродным металлом, либо выводят его в сторону на основной металл. При сварке сталей, склонных к образованию закалочных структур, выводить кратер в сторону нельзя, так как возможно образование трещины. Не рекомендуется также заваривать кратер за несколько обрывов и зажатия дуги из-за образования окисных загрязнений металла. Лучшим способом окончания шва является прекращение подачи электрода вниз и медленное удлинение дуги до ее обрыва.

§ 35. Режим сварки

Режимом сварки называется совокупность параметров, определяющих протекание процесса сварки. К основным параметрам режима сварки относятся: сила сварочного тока, скорость сварки, напряжение дуги, диаметр электрода. Дополнительными параметрами считаются род и полярность тока, разновидность покрытия электрода, угол его наклона, температура предварительного нагрева основного металла.

Диаметр электрода определяют, исходя из толщины свариваемого металла, вида сварного соединения, типа шва и других факторов.

При сварке листового металла толщиной до 4 мм в нижнем положении диаметр электрода выбирают равным толщине свариваемой стали. При сварке стальных листов большей толщины используют электроды диаметром 4–6 мм.

При сварке многослойных стыковых и угловых швов первый слой выполняют электродом диаметром 2–4 мм, а последующие слои — электродами большего диаметра в зависимости от толщины металла и формы скова кромок. Сварка в вертикальном положении осуществляется, как правило, электродами диаметром не более 4 мм. Электроды диаметром 5 мм применяются значительно реже, а электроды диаметром 6 мм могут использоваться только сварщики высокой квалификации.

Поголочные швы обычно выполняются электродами диаметром не более 4 мм.

Сила тока выбирается в зависимости от диаметра электрода. При этом можно пользоваться приближенной формулой

$$I = K \cdot d,$$

где I — сила сварочного тока,

K — диаметр электрода, мм,

d — коэффициент, равный 35–60 А/мм.

Следует учитывать, что малый сварочный ток приводит к неустойчивому тороению дуги, малой производительности, возможности перегрева. Слишком большой ток вызывает сильный нагрев электрода, увеличивает скорость его плавления (что также может вызвать непровар), приводит к повышенному разбрызгиванию электродного материала и ухудшает формирование шва.

При сварке вертикальных и горизонтальных швов сварочный ток уменьшается на 5—10%, при сварке пологих — на 10—15%. Это делается для того, чтобы жидкий металл не вытекал из сварочной ванны.

§ 36. Влияние режима сварки на форму и размеры шва

Сварной шов характеризуется следующими показателями: шириной шва b , глубиной провара h_{II} , высотой выпуклости (еще называется усилением) $h_{г}$. Угловые швы характеризуются катетом. Кроме того, используют такие показатели, как коэффициент формы провара, определяемый как

$$\psi = \frac{b}{h_{II}},$$

и коэффициент выпуклости шва, определяемый как отношение $\frac{b}{h_{г}}$.

Эти коэффициенты задаются в процессе проектирования сварных изделий. (Например, коэффициент формы провара ψ для ручной дуговой сварки принимается равным от 1 до 20).

Глубина провара и ширина шва зависят от всех основных показателей режима сварки.

Увеличение сварочного тока (при неизменной скорости сварки) вызывает увеличение глубины провара (проплавления). Это явление объясняется в основном тем, что увеличивается погонная энергия дуги (т. е. количество тепла, которое приходится на единицу длины шва).

С увеличением сварочного тока возрастает также давление дуги на поверхность сварочной ванны (рис. 47). При

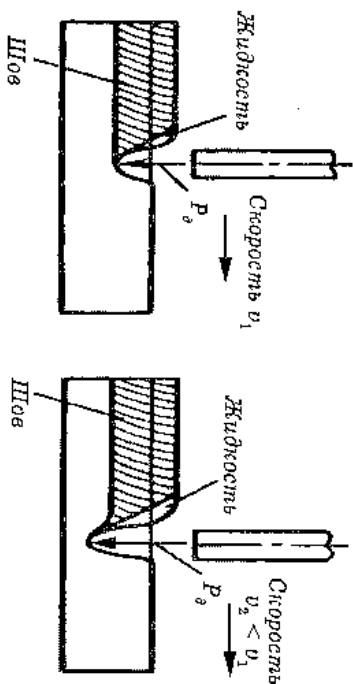


Рис. 47. Схема сил взаимодействия между дугой и жидкостью в хвосте сварочной ванны: P_2 — давление дуги

этом расплавленный металл вытесняется из-под основания дуги, что может вызвать сквозное проплавление.

Направление давления дуги можно изменить, взяв наклон электрода. Тем самым достигается разная глубина провара при одной и той же величине сварочного тока.

Род и полярность тока также оказывают влияние на размеры и форму шва. При сварке постоянным током обратной полярности глубина провара на 40—50% больше, чем при сварке на постоянном токе прямой полярности. Это явление объясняется разным количеством теплоты, которое выделяется на катоде и аноде. При сварке на переменном токе глубина провара меньше на 15—20%, чем при сварке постоянным током обратной полярности.

Повышение напряжения на дуге за счет увеличения ее длины вызывает снижение сварочного тока, а следовательно, уменьшает и глубину провара. Ширина же шва при этом увеличивается независимо от полярности тока.

С увеличением скорости ручной сварки глубина провара и ширина шва уменьшаются.

§ 37. Выполнение сварки в нижнем положении

Сварка стыковых соединений выполняется с одной или с двух сторон, что зависит от толщины свариваемого металла. Движения электрода и его положение приведены на рис. 48, ориентировочные режимы сварки — в табл. 12. Стыковые соединения со скосом двух кромок (т. е. V-образные) в зависимости от толщины металла могут выполняться однослойными, многослойными и многопроходными швами.

Оптимальный угол раскрытия шва определяется, с одной стороны, удобством выполнения сварки для уменьшения опасности непровара корня шва (удобный угол — 80–90°), а с другой стороны тем, что большой угол раскрытия увеличивает объем наплавленного металла и сварочные деформации. Поэтому для нормального процесса ручной дуговой сварки принимается угол раскрытия, равный 60°. Для толстых листов (S более 15 мм) его уменьшают до 55°, для тонких листов увеличивают до 65°.

Зазор между свариваемыми элементами и припуски на кромки выбирают в пределах от 1,5 до 4 мм в зависимости от толщины этих элементов и некоторых других факторов.

Наиболее трудным при выполнении сварки является получение надежного провара корня шва. Именно здесь чаще всего бывают различные дефекты. Поэтому, по возможности, корень шва следует подваривать с обратной стороны.

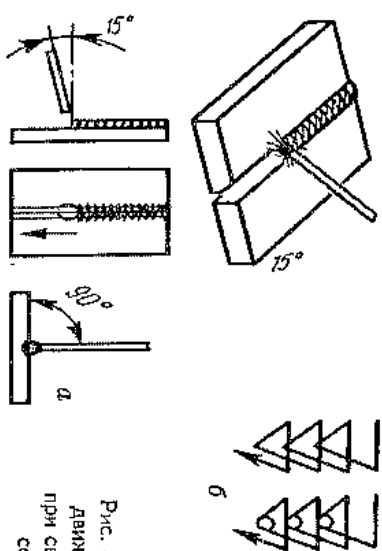


Рис. 48. Положение (а) и движения электрода (б) при сварке стыковых швов со скосом кромок

Металл толщиной от 4 до 8 мм сваривают однослойным швом. Однослойные швы с V-образным скосом кромок выполняются поперечными колебательными движениями в виде треугольника без задержки в корне шва, если листы имеют толщину 4 мм, и с задержкой, если листы имеют большую толщину.

Таблица 12

Ориентировочные данные о режимах сварки стыковых соединений без скоса кромок

Толщина металла, мм	Разнообразие шва	Зазор, мм	Диаметр электрода, мм	Величина сварочного тока, А	
				Нижнее положение шва	Вертикальное и поперечное положение шва
3	Однослойный	1,0	3–4	180	160
6	Двухслойный	1,0–1,5	4–5	180–260	160–230
8	..+..	1,5–2,0	5	260	230
10	..+..	2,0	6	330	290

Листовой металл толщиной 12 мм и больше сваривается встык с X-образным скосом кромок при помощи многослойного или многопроходного шва. Выбор того или другого вида шва зависит от толщины свариваемого металла и его химического состава.

Многопроходной шов выполняется тонкими узкими ванночками без поперечных колебаний электрода. Сварку рекомендуется выполнять электродами, которые предназначены для сварки способом опирания (см. в книге далее). В таких случаях применяются электроды небольшого диаметра — от 1,6 до 3 мм (очень редко — 4 мм). Многослойный шов обеспечивает более высокую производительность по сравнению с многопроходным.

Примеры режимов сварки в нижнем положении стыковых соединений с U-образным скосом кромок даны в табл. 13.

Иногда, чтобы обеспечить провар по всей толщине металла, сварку ведут на подкладках (остаточных или съемных). В этом случае сварочный ток можно увеличить на 20—30%, не опасаясь сквозного проплавления.

Остаточные подкладки изготавливают из стальных полос толщиной 2—4 мм и шириной 30—40 мм. Съемные подкладки изготавливают из меди, иногда из керамики или графита. В некоторых случаях сварочные прокладки при сварке охлаждаются водой.

Стыковые X-образные швы применяются при сварке стали толщиной от 12 до 40 мм. При этом величина скоса кромок, зазоры и техника выполнения швов такие же, как и при сварке деталей с U-образной разделкой. Чтобы металл каждого слоя достаточно прогревался, толщина слоев шва должна быть не более 4—5 мм (и не менее 2 мм). Таким образом, при сварке листов с X-образными кромками толщиной 15 мм необходимо положить 5—7 слоев,

Таблица 13

Ориентировочные режимы сварки V-образных стыковых многослойных швов в различных положениях

Толщина металла, мм	Зазор, мм	Число слоев, с подварочным и декоративным	Диаметр электрода, мм		Среднее значение сварочного тока, А		
			первый слой (не корневой)	последующие слои	Пространственное положение шва		
					нижнее	вертикальное	потолочное
10	1,5—2,0	4	4	5	180—260	160—220	150—210
12		5	4	5	180—260	160—220	150—210
14		6	4	5	180—260	160—220	150—210
16		7	4	5	180—260	160—220	150—210
18		8	5	6	220—320	200—300	180—280

листов толщиной 40 мм — 10–16 слоев (при этом отжиганий и декоративные слои не учитываются).

В целом X-образные швы имеют ряд преимуществ перед V-образными швами. Во-первых, это уменьшение объема наплавленного металла, а следовательно, увеличение производительности сварки и уменьшение сварочных деформаций. Во-вторых, возможный непровар в корне шва располагается в нейтральном сечении и потому он менее опасен.

Для уменьшения коробления сварного изделия рекомендуется вести сварку попеременно с разных сторон листа. Однако при сварке в нижнем положении это требует частой кантовки изделия. Поэтому чаще поступают по-другому: листы устанавливаются вертикально, а сварку ведут два сварщика одновременно с разных сторон.

При ведении сварки угловых швов наклонным электродом расплавленный металл стремится стекать на нижнюю

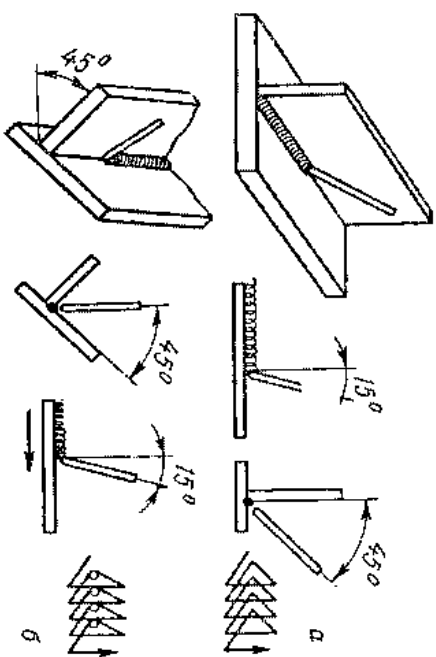


Рис. 49. Положение и движения электрода при сварке угловых швов: а — наклонным электродом, б — «в лодочку»

Таблица 14
Ориентировочные режимы сварки угловых швов «в лодочку» с опиранием электрода

Толщина свариваемого металла, мм	Качество шва, мм	Диаметр электрода, мм	Величина сварочного тока, А
4–6	5	5	250–300
6–8	6	6	300–350
10–14	8	6	480–560

плоскость (рис. 49). Поэтому угловые швы стремятся выполнить способом «в лодочку» (в том числе опиранием).

Сварка «в лодочку» угловых швов для металла толщиной до 14 мм может вестись без разделки кромок (двусторонняя сварка) или с частичной разделкой кромок и увеличенным припуском.

Пример режимов сварки «в лодочку» с опиранием электрода дан в табл. 14.

Понятно, что сварка «в лодочку» не всегда возможна. Тогда сварку угловых швов выполняют наклонным электродом. Однако в этом случае возрастает опасность непровара корня шва и кромок нижнего листа. Чтобы обеспечить достаточный прогрев кромок свариваемых частей, электрод держат с наклоном в 45–30° и производят попеременные движения треугольником с задержками в корне шва или без задержек.

Угловые швы в особо ответственных изделиях сваривают со скосом кромок (односторонним или двусторонним). При толщине вертикальной стенки до 4 мм шов со скосом кромок выполняется в один слой, при большей толщине — в несколько слоев.

Примеры режимов сварки тавровых соединений со скосом кромок приведены в табл. 15.

Таблица 15
Ориентировочные режимы ручной дуговой сварки угловых швов со скосом кромок

Вид шва	Толщина металла, мм	Число слоев	Диаметр электрода, мм	Сварочный ток, А
С одно-сторонним скосом кромок	4	1	3-4	120-160
	6	1	4-5	160-220
	8	1-2	4-5	160-220
	12	3-4	4-6	160-300
С двух-сторонним скосом кромок	20	6-8	4-6	160-320
	10	2-4	4-6	160-320
	20	4-8	4-6	160-360
	40	8-16	4-6	160-360
	60	16-30	5-6	220-360
	80	30-40	5-6	220-360

§ 38. Особенности выполнения вертикальных, горизонтальных и потолочных швов

Вертикальные швы (стыковые и угловые) выполняют в направлении снизу вверх и сверху вниз (рис. 50).

При ведении сварки снизу вверх дугу возбуждают в нижней точке соединения, а после образования ванночки расплавленного металла электрод отводится немного вверх и в сторону. Расплавленный металл при этом затвердевает, образуя «полочку», на которую наплавляют последующие капли металла.

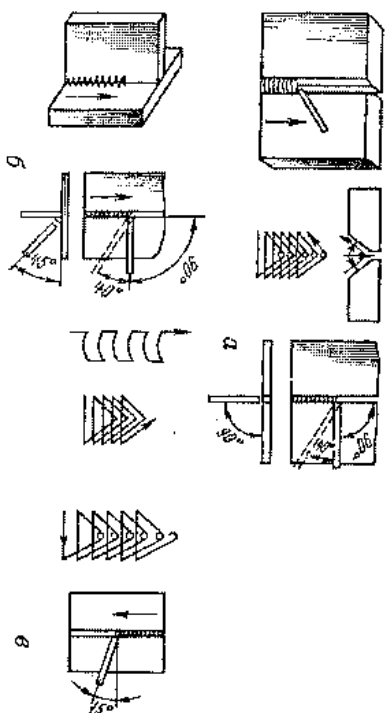


Рис. 50. Положение и движения электрода при сварке в вертикальном положении:
а — стыковые швы со скосом кромок, б — угловые швы, в — сварка в направлении сверху вниз

При дальнейшем выполнении сварки стекание расплавленного металла предотвращают, наклоняя электрод вниз (на рисунке показано пунктиром).

При сварке сверху вниз дугу возбуждают в верхней точке шва и придают электроду сначала перпендикулярное положение, а после образования кратера — наклонное положение (под углом примерно 15°) (см. рис. 50, в). Производительность сварки сверху вниз выше, чем при выполнении сварки снизу вверх, но такой метод (сверху вниз) рекомендуется применять в основном для сварки тонкого металла или первых слоев при V- и X-образной разделке кромок.

Выполнять вертикальные швы значительно труднее, чем нижние, так как расплавленный металл стремится вытечь из сварочной ванны. Вертикальные швы выполняются сварочным током на 10-15% меньше, чем при выполнении

нижних швов, и короткой дугой. Поэтому же применяют электроды диаметром до 4 мм и реже — 5 мм.

Горизонтальные и потолочные швы выполнять еще сложнее, чем вертикальные. При сварке горизонтальных швов на верхнем листе часто возникают подрезы, а при выполнении потолочных швов затруднен полный провар корня шва.

В обоих случаях (рис. 51) сварка должна выполняться короткой дугой и достаточно быстрыми колебательными движениями электрода.

Металл толщиной более 8 мм сваривается многопроходными швами. При этом первый валик в корне горизонтальных швов наносится электродом диаметром 4 мм, последующие валики — диаметром 5 мм. Первый валик в корне потолочного шва — электродом диаметром 3 мм, последующие валики — диаметром не более 4 мм.

При выполнении потолочных швов газы, которые выделяются при сварке покрытыми электродами, поднимаются

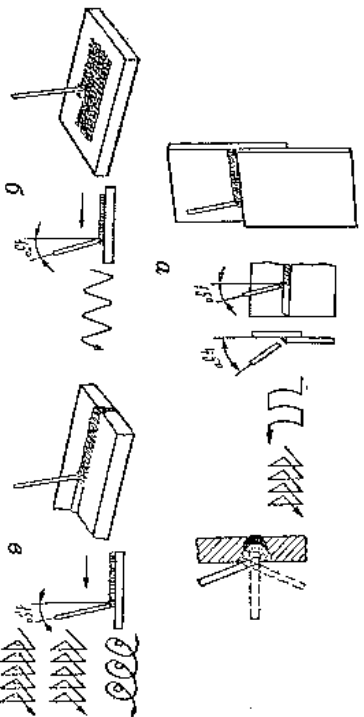


Рис. 51. Положение и движения электрода при сварке в горизонтальном и потолочном положениях: а — горизонтальный угловой шов, б — наплавка в потолочном положении, в — потолочный стыковой шов

вверх и могут остаться в шве. Поэтому для сварки потолочных швов рекомендуется использовать хорошо просушенные электроды, дающие небольшое количество шлака.

§ 39. Способы высокопроизводительной ручной дуговой сварки

Чтобы повысить производительность труда и облегчить труд сварщиков, применяются различные высокопроизводительные способы сварки.

Сварка сдвоенным электродом (или пучком электродов). Суть способа в том, что два или несколько электродов соединяют в пучок и сварку ведут этим пучком. Электроды соединяют в двух-трех местах, а контактные концы сваривают точечной сваркой (рис. 52). Сварку ведут при помощи обычного электродержателя.

При сварке дуга горит попеременно между каждым из электродов пучка и издает шум. В результате нагрев электродов внутренним теплом меньше, чем при сварке одиночным электродом (при том же токе). Поэтому при сварке

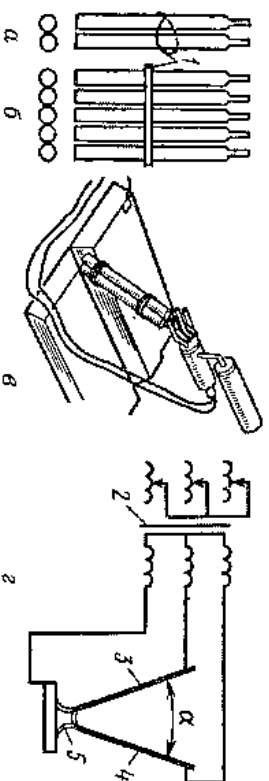


Рис. 52. Схема сдвоенного электрода (а), гребёнки (б) и сварки трехфазным током (а, б): 1 — свазка электродов, 2 — трехфазный трансформатор, 3, 4 — электроды, 5 — дуга

лучком электродов можно устанавливать больший ток, следовательно, производительность сварки будет выше. Сдвоенными электродами, например, можно сваривать за один проход металл толщиной до 12 мм.

Сварка с глубоким проваром (проплавлением) или сварка способом опирания. При этом виде сварки применяются электроды с увеличенной толщиной покрытия. Стальной стержень электрода при этом плавится несколько быстрее покрытия, а на конце электрода образуется козырек (или втулка) из покрытия.

Опирая козырек на поверхность свариваемого металла, дугу перемещают вдоль шва. При плавлении покрытия образуются газы, которые своим давлением вытесняют жидкий металл, образуя валик. При этом свариваемый металл проплавляется на большую глубину, чем при сварке без опирания (на весу), и объем наплавленного металла в сварном шве значительно уменьшается. Такой способ сварки позволяет уменьшить глубину разделки кромок или сваривать металл значительной толщины вообще без разделки. Сварка ведется с большей скоростью и без поперечных колебательных движений электрода.

Примеры режимов сварки опиранием даны в табл. 16. Данный способ сварки особенно рекомендуется при сварке угловых швов в положении «в лодочку», что дает увеличение производительности и высокое качество шва.

Сварка трехфазной дугой. Способ заключается в следующем: в электрододержателе, имеющий два токопровода, закрепляется специальный электрод с двумя стержнями в общем покрытии или два обычных электрода с качественным покрытием. К двум токопроводам держателя подводятся две фазы сварочной цепи; третья фаза подводится к изделию (рис. 52). Во время сварки дуга горит

Таблица 16

Режимы сварок способом опирания стыковых соединений без скоса кромок (электродами ОЭС-3)

Толщина листа, мм	Рекомендуемый газор. ток	Диаметр электрода, мм	Ток, А	Глубина проплавления, мм
4	1,0	Односторонняя сварка		
		5	200	4
		6	250	6
6	1,5	Двусторонняя сварка		
		6	30	8
		8		
8	2,0	Двусторонняя сварка		
		6	350	5
		6	350	6
10	1,0-1,5	6	850	6
		6	450	8
		8	450	9
12	1,5-2,0	8	450	8
		8	450	9
16	2,0-2,5	8	450	8
		8	450	9

как между электродами и изделием, так и между электродами. При этом выделяется большое количество тепла и скорость расплавления металла увеличивается. Производительность сварки трехфазной дугой в 2-3 раза выше сварки однофазной дугой. Однако при этом электрододержатель имеет значительный вес, что ведет к утомляемости сварщика.

Сварка трехфазной дугой применяется в случаях, когда требуется наплавление значительного объема металла, при исправлении дефектов стального литья и др.

Сварка лежачим и наклонным электродами.

Схема сварки наклонным электродом понята из рис. 53. Электрод опирается на свариваемый металл краем своего покрытия. Вторым концом электрода зажимается в специальной скользящей обойме. Во время сварки обойма свободно опускается по штанге; при этом угол наклона электрода остается постоянным. Дуга возбуждается при помощи вспомогательного электрода.

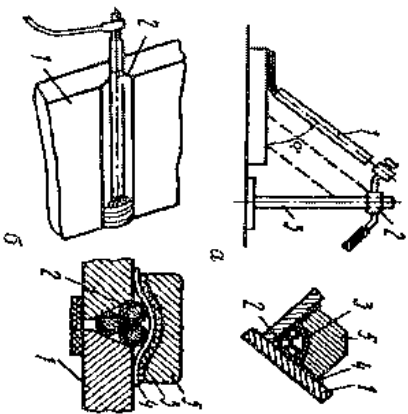


Рис. 53. Схема сварки:

а — наклонным электродом; 1 — электрод, 2 — облой, 3 — шланг;
б — лежащим электродом; 1 — шов, 2 — дуга, 3 — электрода для возбуждения дуги, 4 — лежащий электрод, 5 — свариваемый металл

Схемы, поясняющие процесс сварки лежащим электродом, представлены на рис. 53, *б*.

В раздельку кромок свариваемых деталей укладывают один или несколько специальных длинных электродов. Снизу для предотвращения вытекания металла при сварке размещают медную прокладку (при сварке угловых швов прокладка не нужна). Сверху электроды прижимаются колодкой (бронзовой или медной). Дуга возбуждается при помощи вспомогательного электрода, а затем продолжает гореть уже сама.

Для сварки лежащим и наклонным электродами нужны специальные электроды. Для этого разработаны электроды марок ОЗС-12, ОЗС-15Н и ОЗС-17Н, которые близки к типу Э-46. Такие электроды изготавливаются диаметром 4, 5 и 6 мм, длиной от 150 мм до 700 мм.

Вопросы для самопроверки

1. Назовите подготовительные операции под сварку.
2. Что такое нормальная длина сварочной дуги?
3. В каких направлениях может проводиться сварка?
4. Какие виды колебательного движения электрода вы знаете?
5. Назовите способы заполнения швов по длине и по сечению.
6. Как производится окончание шва?
7. Что называется режимом сварки?
8. Как выбирают сварочный ток?
9. Какой способ сварки называется сваркой «в подочку»? Когда его применяют?
10. Выполняются ли вертикальные швы в направлении сверху вниз?
11. Назовите способы высокопроизводительной ручной дуговой сварки. Дайте краткую характеристику.

Глава 9. АППАРАТУРА И МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ГАЗОВОЙ СВАРКИ И РЕЗКИ

§ 40. Газы для газовой сварки и резки

Для газовой сварки и резки металлов применяются различные газы: кислород, ацетилен, водород, пропан и т. д., а также пары бензина и керосина.

Кислород. При газовой сварке и резке металлов высокая температура газового пламени достигается путем сжигания горючего газа или паров жидкости в кислороде.

Кислород при нормальных условиях (температуре и давлении) представляет собой прозрачный газ без запаха, вкуса

и прета, немного тяжелее воздуха. Масса одного кубометра кислорода при температуре 20 °С и атмосферном давлении равна 1,33 кг. Кислород сжигается при температуре 182,9 °С (при нормальном давлении). Жидкий кислород прозрачен и имеет голубоватый оттенок. Масса одного литра жидкого кислорода равна 1,14 кг. При испарении одного литра жидкого кислорода образуется 860 л газа.

Получают кислород разложением воды электрическим током или же глубоким охлаждением атмосферного воздуха. Кислород обладает высокой химической активностью и способен вступать в соединения со всеми химическими элементами, кроме инертных газов (аргона, гелия, ксенона, криптона и неона). Реакция соединения с кислородом протекает с выделением большого количества тепла (такие химические реакции называются экзотермическими). Для сварки и резки выпускаются технический кислород трех сортов. Первый сорт содержит не менее 99,7% чистого кислорода, второй — не менее 99,5%, третий — 99,2% (по объему). Остаток составляют азот и аргон.

Чистота кислорода имеет большое значение для сварки и резки (особенно — для резки). Чем более чист кислород, тем выше качество обработки и меньше расход кислорода.

Сжатый кислород при соприкосновении с различными органическими веществами — жирами, маслами, торочими пластмассами, угольной пылью, способен окислять их с большими скоростями, в результате чего они само-воспламеняются или взрываются. Кислород может образовывать также взрывчатые смеси с горючими газами или парами. Поэтому кислород требует осторожного обращения, соблюдения правил обращения с ним.

Ацетилен из всех торочих газов применяется наиболее широко. Ацетилен дает наиболее высокую температуру при сгорании в кислороде — 3050—3150 °С.

Ацетилен имеет химическую формулу C_2H_2 , то есть является соединением углерода и водорода. Технический ацетилен при нормальных условиях представляет собой бесцветный газ с резко выраженным запахом.

Длительное вдыхание ацетилена вызывает головокружение, тошноту или даже отравление.

Ацетилен легче воздуха — при нормальных условиях имеет массу одного кубометра 1,09 кг. При температуре от 82,4 °С до 84 °С ацетилен переходит в жидкое состояние, а при температуре 85 °С затвердевает (при нормальном давлении).

Ацетилен взрывоопасен, что необходимо учитывать при его использовании. Температура самовоспламенения ацетилена колеблется в пределах от 240 до 630 °С и зависит от давления и присутствующих в нем веществ: повышение давления понижает температуру его самовоспламенения (табл. 17).

Очень взрывоопасны смеси ацетилена с кислородом или воздухом. При определенной концентрации ацетилена такие смеси могут взрываться при атмосферном давлении (особенно опасны смеси, содержащие 7—13% ацетилена).

Ацетилен (технический) получают двумя способами: из карбида кальция и из природного газа, нефти или угля.

Таблица 17
Зависимость температуры воспламенения
ацетилена от давления

Абсолютное давление, МПа	0,2	0,3	0,4	2,2
Температура воспламенения, °С	630	530	475	350

Получение ацетиленга из природного газа на 30–40% дешевле, чем получение из карбида кальция.

Пропан-бутановая смесь представляет собой смесь пропана с 5–30% бутана. Иногда такую смесь называют техническим пропаном.

Пропан-бутановую смесь получают при добыче природных газов или при переработке нефти.

Поскольку температура пропан-бутанового пламени невысока (порядка 2400 °С), то смесь используется для сварки стали толщиной не более 3 мм. При большей толщине листов невозможно как следует прогреть металл, чтобы получить надежное соединение. Поэтому низко-температурное пламя целесообразно использовать при резке, нагреве деталей для правки, а также при огневой очистке поверхности металла.

При сварке стальных листов толщиной до 3 мм пропан-кислородная сварка по качеству не уступает ацетилено-кислородной.

Пропан-бутановая смесь для сварочных работ поставляется в сжиженном виде. Переход смеси в газообразное состояние происходит самопроизвольно в верхней части баллона.

Технический пропан — бесцветный газ, тяжелее воздуха и имеет неприятный специфический запах.

Природный газ состоит в основном из метана (77–98%) и небольшого количества других газов — бутана, пропана, пропилена и др. Газ практически не имеет запаха, поэтому для обнаружения его утечек к нему добавляются резко пахнущие вещества.

Метан-кислородное пламя имеет температуру еще ниже пропан-кислородного пламени — порядка 2100–2200 °С, поэтому природный газ применяется в ограниченных случаях.

Таблица 18

Основные свойства горючих газов и паров жидкостей для сварки и резки металлов

Наименование горючего	Плотность при нормальных условиях, кг/м³	Температура пламени при сгорании в кислороде, °С	Коэффициент замены ацетиленом	Количество кислорода, подаваемого в горелку на 1 м³ горючего, м³	Пределы взрываемости смеси		Область применения	Способ транспортировки и хранения
					с воздухом	с кислородом		
					%			
Ацетилен	1,09	3050–3200	1,0	1,0–1,3	2,2–81	2,3–93	Все виды газопламенной обработки	Растворенный в ацетоне в баллонах под давлением до 1,9 МПа
Водород	0,084	2000–2600	5,2	0,3–0,4	3,3–81,5	2,6–95	Для сварки сталей толщиной до 2 мм, чугуна, алюминия, латуни	Газообразный в баллонах под давлением до 15 МПа
Коксовый газ	0,4–0,55	2000–2300	3,2	0,6–0,8	—	—	Сварка легкоплавких металлов, пака, кислородная резка	По газопроводу
Городской газ	0,84–1,05	2000–2300	3,0	1,5–1,6	3,8–24,6	10,0–73,6	То же	По газопроводу под давлением до 0,3 МПа и в баллонах под давлением до 15 МПа

Продолжение табл. 18

Наименование горючего	Плотность при нормальных условиях, кг/м ³	Температура пламени при сгорании в кислороде, °С	Коэффициент замены ацетиленом	Количество кислорода, подаваемого в горелку на 1 м ³ горючего, м ³	Пределы взрываемости смеси		Область применения	Способ транспортировки и хранения
					с воздухом	с кислородом		
					%			
Нефтяной газ	0,87-1,37	2000-2400	1,2	1,5-1,6	-	-	То же	По газопроводу
Метан	0,67	2400-2700	1,6	1,5-1,8	4,8-16,7	5,0-58,2	Сварка легкоплавких металлов, пайка, кислородная резка	По трубопроводу или в баллонах под давлением 15 МПа
Пропан	1,88	2600-2750	0,6	3,4-3,8	2,0-9,5	2,0-48	Кислородная резка, сварка и пайка цветных металлов, сварка стали толщиной до 6 мм, металлзвация, правка, гибка, огневая зачистка	В жидком виде и баллонах под давлением 1,6 МПа
Бутан	2,54	2400-2500	0,45	3,2-3,4	1,5-8,5	2,0-45	То же	В жидком виде в баллонах под давлением 1,6 МПа

Окончание табл. 18

Наименование горючего	Плотность при нормальных условиях, кг/м ³	Температура пламени при сгорании в кислороде, °С	Коэффициент замены ацетиленом	Количество кислорода, подаваемого в горелку на 1 м ³ горючего, м ³	Пределы взрываемости смеси		Область применения	Способ транспортировки и хранения
					с воздухом	с кислородом		
					%			
Пропан-бутан	1,87	2500-2700	0,6	3,5	-	-	То же	То же
Пары бензина	0,7-0,76 кг/дм ³	2490-2590	1,4	1,1-1,4 м ³ /кг	0,7-6,0	2,1-28,4	Кислородная резка стали, сварка, пайка легкоплавких металлов	В жидком виде в цистернах или бочках
Пары керосина	0,32-0,84	2400	1,0-1,3	1,7-2,4 м ³ /кг	1,4-5,5	2-28	То же	То же

Водород (H_2) при нормальных условиях — это горючий газ без запаха и цвета. Является одним из самых легких газов (легче воздуха в 14,5 раз).

В смеси с воздухом и кислородом водород может образовывать взрывоопасные смеси, поэтому при сварочных работах требуется строго соблюдать требования техники безопасности.

Получают водород разложением воды с помощью электрического тока. Поставляется водород в газообразном состоянии в стальных баллонах под давлением 15 МПа. Баллоны окрашиваются в зеленый цвет.

В табл. 18 приведены некоторые характеристики горючих газов, используемых в различных отраслях машиностроения и в цветной промышленности.

§ 41. Получение ацетилена из карбида кальция

Карбид кальция (CaC_2) представляет собой твердое вещество темно-серого или коричневого цвета с резким запахом. Плотность карбида — 2,2–2,4 г/см³.

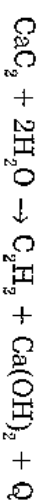
Карбид кальция получают сплавлением кокса и негашеной извести в электроплавильных печах при температуре 1900–2300°С. При этом происходит эндотермическая (т. е. с поглощением тепла) химическая реакция по формуле



В техническом карбиде содержится до 90% чистого карбида, остальное — примесь извести и различные окислы. После охлаждения и затвердевания карбид кальция дробят и сортируют на куски определенных размеров. По

ГОСТ 1460-76 установлена следующая градация размеров: 2×8; 8×15; 15×25; 25×80 мм.

Получение ацетилена из карбида кальция протекает в соответствии с реакцией



(реакция экзотермическая; Q — количество выделившегося тепла).

Реакция протекает бурно, с выделением большого количества тепла (около 475 ккал/кг карбида кальция). Скорость разложения карбида кальция зависит от температуры воды, степени ее чистоты, размеров кусков карбида кальция и его чистоты. Чем меньше куски карбида, тем быстрее он разлагается. Например, карбид кальция размерами 8×15 мм разлагается за 6,5 минут, а размерами 50×80 мм — уже за 13 минут.

Теоретически из одного килограмма чистого карбида должно получаться 372 дм³ ацетилена (или 372 литра, так как 1 литр = 1 дм³). Однако из-за наличия примесей на практике получают не более 205 литров, причем это количество зависит от грануляции (табл. 19).

Таблица 19

Нормы выхода ацетилена в зависимости от размеров кусков карбида кальция (по ГОСТ 1460-76)

Размеры кусков карбида кальция, мм	Норма выхода ацетилена, дм ³ /кг	
	1-й сорт	2-й сорт
2×8	235	235
8×15	265	245
15×25	275	255
25×80	285	265
Смешанные размеры	275	265

Карбидная пыль, которую составляют частицы размером менее 2 мм, при взаимодействии с водой разлагается почти мгновенно, поэтому ее нельзя применять в обычных ацетиленовых генераторах, рассчитанных для работы на кусковом карбиде, так как это может привести к взрыву. Карбидной пылью можно пользоваться лишь в генераторах особой конструкции.

§ 42. Ацетиленовые генераторы

Ацетиленовым генератором называют устройство, предназначенное для получения ацетилена из карбида кальция с помощью воды.

Согласно ГОСТ 5190-78 ацетиленовые генераторы классифицируются по следующим признакам:

- давлением получаемого ацетилена;
- производимельности;
- способу применения;
- способу взаимодействия карбида кальция с водой.

По давлению получаемого ацетилена генераторы разделяются на генераторы низкого (до 0,2 МПа) и среднего давления (от 0,02 до 0,15 МПа).

По производительности ацетиленовые генераторы подразделяются на десять разновидностей: 1, 25; 3; 5; 10; 20; 40; 80; 160; 320; 640 м³/ч.

По способу применения генераторы делят на стационарные и передвижные. Первые могут иметь производительность от 3 до 6540 м³/ч, передвижные — до 3 м³/ч.

По способу взаимодействия карбида кальция с водой различают генераторы со схемами:

- «карбид в воду» (обозначается КВ);
- «вода на карбид» (ВК);

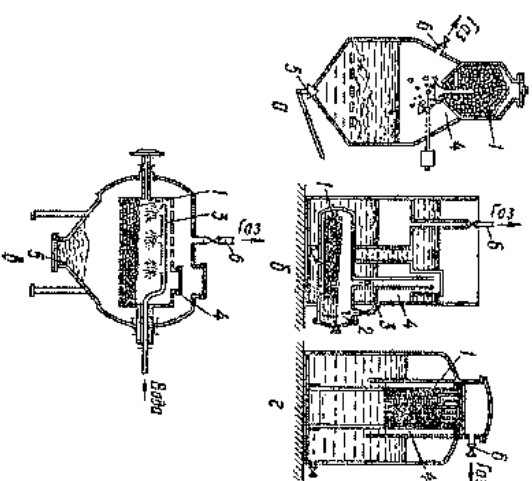


Рис. 54. Схемы ацетиленовых генераторов:

- а — «карбид в воду», б — «вода на карбид», в — «сухого разложения»;
- г — комбинированная система «вода на карбид» и «вытеснения»;
- 1 — бункер или барабан с карбидом кальция, 2 — реторта,
- 3 — система подачи воды, 4 — газосборник, 5 — спуск клапана,
- 6 — отбор газа

— «вытеснения воды» (ВВ);

— комбинированные (ВК + ВВ).

На рис. 54 приведены схемы ацетиленовых генераторов.

Все ацетиленовые генераторы независимо от их системы имеют следующие основные части: газосборователь, газосборник, предохранительный затвор, автоматическую регулировку вырабатываемого ацетилена в зависимости от величины его потребления.

Устройство и работа ацетиленовых генераторов

Ацетиленовый генератор АНВ-1,25 (рис. 55) имеет производительность 1,25 м³/ч и рабочее давление 0,25—0,030 кгс/см². Генератор является переносным и работает по системе ВВ в сочетании с системой ВК.

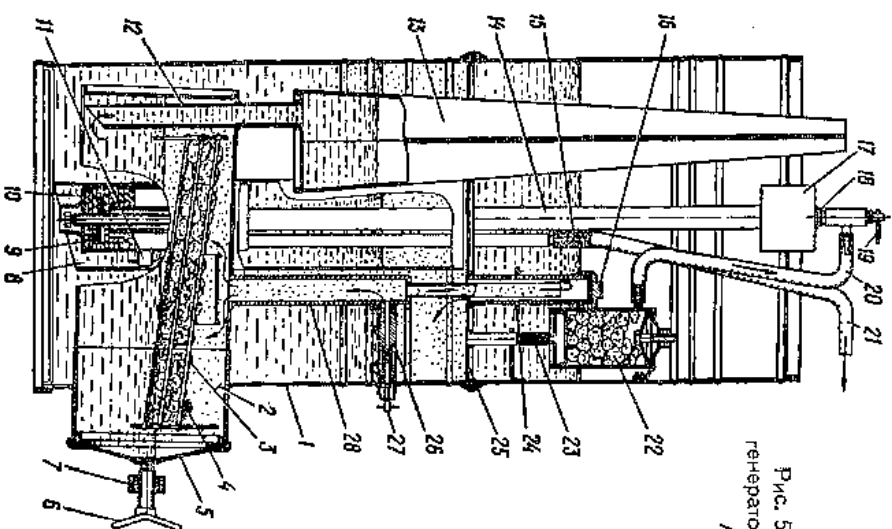


Рис. 55. Ацетиленовый генератор низкого давления АНВ-1,25-68

Глава 9. Аппаратура и материалы для газовой сварки и резки

Генератор состоит из корпуса, в который вварена реторта 2, где размещается нагрузочная корзина 3. Корпус генератора разделяется на две части — нижнюю (газосборник) и верхнюю (водосборник) с помощью горизонтальной перегородки 25. Верхняя часть открыта сверху. Нижняя и верхняя части соединяются между собой циркуляционной трубкой 8, доходящей почти до дна газосборника. Между газосборником и водным затвором размещается карбидный осушитель 22, соединенный с ними двумя резиновыми планками 23 и 21.

Генератор заполняется водой через открытую верхнюю часть корпуса. Вода поступает в реторту по разостводной трубе 28 через отверстие 26 (при открытии вентиля 27). Реторта закрывается крышкой 5, рычагом 6 и специальным болтом 7.

Ацетилен, который выделяется в результате взаимодействия карбида кальция с водой, поступает по трубке 28 в газосборник и вытесняет находящуюся там воду через циркуляционную трубу 8 в верхнюю часть генератора. Вода будет подаваться в реторту до тех пор, пока она не вытеснится из газосборника ниже уровня вентиля 27. По мере выделения ацетилена и возрастания его давления в газосборнике и реторте вода вытесняется из реторты 2 в камеру 13 (через трубу 12). При этом дальнейшее газообразование замедляется.

При отборе газа из газосборника давление ацетилена в нем в реторте падает, вода возвращается в реторту и газообразование ускоряется.

Таким образом, происходит автоматическое регулирование скорости образования ацетилена в зависимости от скорости его отбора потребителем газа (горелкой).

Газ при отборе поступает из газосборника в карбидный осушитель 22, загруженный карбидом, затем проходит в

водяной затвор 14, из которого через ниппель 15 — в горелку или резак.

Водяной затвор 14 служит для предохранения генератора от проникновения в него взрывной волны при обратном ударе пламени. Ацетилен поступает в водяной затвор по резиновому шлангу 20. Уплотнение в месте соединения нижнего дюнышка с корпусом затвора создается резиновой прокладкой 10. В нижнем конце трубки имеется шесть отверстий, через которые ацетилен проходит в корпус затвора. Над отверстиями располагается шайба 9, которая служит расщепителем.

Ацетилен, пройдя через воду, залитую до уровня конусной крышки 11, вытесняет некоторую часть воды в зазор между предохранительной и газоподводящей трубками. Выходит газ из затвора через ниппель 15.

При обратном ударе взрывчатая смесь вытесняет воду в предохранительную и газоподводящую трубки до тех пор, пока из воды не выйдет в нижнее отверстие предохранительной трубки. Через предохранительную трубку взрывчатая смесь выходит в атмосферу, унося с собой воду. При прохождении через отверстие в трубе часть воды задерживается в обечайке 17 и стекает обратно в затвор. Газоподводящая трубка закрывается пробкой 16.

Перед пуском генератор следует тщательно осматривать, обратив особое внимание на отсутствие газа в реторте 2 и шлангах 21 и 23, карбидный осушитель 22 необходимо загрузить 1 кг карбида кальция; закрыть крышку. Подождав резиновую прокладку, заполнить генератор водой до уровня 24 (при этом вентиль 13 водяного затвора должен быть открыт, а вентиль 27 закрыт). После этого заполнить водой затвор 14 через открытую верхнюю обечайку 17 до уровня контрольного крана 11, затем вентиль 19 закрыть.

В табл. 20 приведены технические характеристики передвижных ацетиленовых генераторов основных марок.

Таблица 20

Технические характеристики передвижных ацетиленовых генераторов

Марка генератора	Система генератора	Производительность, м ³ /ч	Рабочее давление, МПа	Единовременная загрузка карбида кальция, кг	Размер кусков, мм	Масса генератора без воды и карбида кальция, кг
ГНВ-1,25	ВК и ВВ	1,25	0,002-0,008	4	25/80	42
АНВ-1,25	ВК и ВВ	1,25	0,0015-0,0025	4	25/80	42
АСМ-1,25	ВВ	1,25	0,01-0,07	2,2	25/80	18
АСМ-1-66	ВВ	1,25	0,01-0,07	2	25/80	37
АСВ-1,25	ВВ	1,25	0,01-0,07	3	25/80	19
ГВР-1,25М	ВК и ВВ	1,25	0,08-0,015	5	25/80	60
АСП-1,25-6	ВВ	1,25	0,01-0,07	3,5	25/80	21
АМВ-1,25	ВВ	1,25	0,01-0,07	3,5	25/80	21
АСП-10	ВК и ВВ	1,25	0,15	3,5	25/80	21,3

§ 43. Предохранительные затворы

При работе с газовым пламенем могут возникнуть обратные удары, представляющие собой проникновение взрывной волны и пламени в трубопроводы и шланги, подводящие горючие газы. Иногда удар происходит с очень большой скоростью и может проникнуть в ацетиленовый генератор, что вызовет его взрыв. Для предохранения попадания пламени в генератор при обратном ударе применяют предохранительные затворы.

Предохранительные затворы имеют две разновидности: сухие и жидкостные. Наибольшее распространение имеют жидкостные (главным образом, водяные) предохранительные затворы.

Такие затворы бывают двух типов:

— открытого (для генераторов низкого давления);

— закрытого (для генераторов среднего давления).

Действие водяных затворов открытого и закрытого типов основано на том, что взрывающая волна и пламя, движущиеся навстречу потоку горючего газа, либо расходятся внутри затвора, либо выдвигаются в атмосферу.

На рис. 56 приведена схема водяного затвора открытого типа (низкого давления).

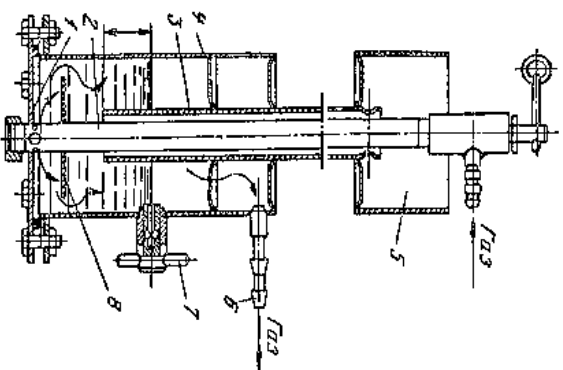


Рис. 56. Водяной затвор низкого давления открытого типа

Перед работой в затвор заливается (через воронку 5) вода до уровня контрольного крана 7. Ацетилен по газопроводящей трубке 2 проходит вниз и выходит через отверстие в ней. Затем газ рассекается диском 8, проходит через слой воды и выходит через ниппель 6.

При обратном ударе взрывающая волна попадает в газопроводящую трубку 2 и давит на воду, в результате чего открывается зазор между газопроводящей 2 и предохранительной 3 трубками. Через этот зазор ударная волна уходит в атмосферу.

В трубку 2 взрывающая волна проникнуть не может, так как она при избытке давления заполняется водой. Для того, чтобы нижний конец предохранительной трубы 3 вовремя освобождался от воды для сброса излишнего давления, необходим определенный слой воды. Поэтому затвор и заполняют водой до определенного уровня.

Ниппелю 1 прикрепляется к корпусу 4 болтами, чтобы была возможность периодически чистить затвор от загрязнений.

На рис. 57 приведена схема водяного затвора среднего давления закрытого типа.

Так же, как и в первом случае, затвор через наливной штуцер 2 заполняют водой до уровня контрольного крана 3. При нормальной работе ацетилен проходит по трубе 6 через обратный клапан 5 через слой воды и через ниппель 1 уходит к газовой горелке.

В случае обратного удара ударная волна давит на воду, обратный клапан закрывается и не допускает воду и обратную волну в газопроводящую трубку 6. Одновременно с этим ударная волна гасится, проходя узкий зазор между стенкой корпуса и диском-отражателем 8.

После каждого обратного удара необходимо проверить уровень воды в затворе и в случае необходимости долить

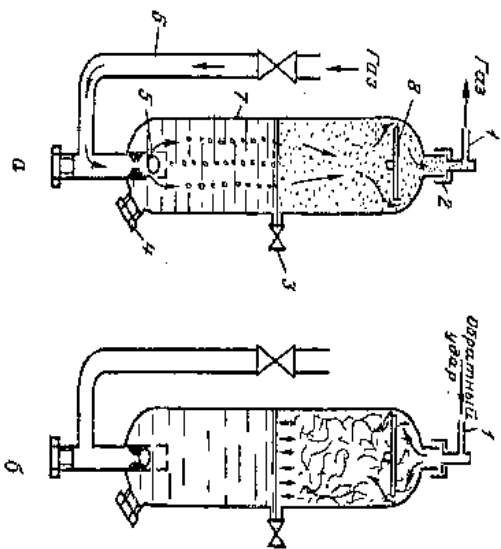


Рис. 57. Схема водяного затвора среднего давления закрытого типа:
 а — нормальная работа, б — обратный удар

его водой. Слив воды из затвора осуществляется через штуцер 4.

Для газов-заменителей ацетилена применяются водяные затворы только закрытого типа или же обратные предохранительные клапаны.

Существуют различные конструкции предохранительных клапанов, одна из них приведена на рис. 58.

Данный предохранительный обратный клапан устанавливается у газоподводящих штуцеров горелки или резака и по своему называется шланговым.

Клапан состоит из корпуса 1, в котором размещен пористый металлический фильтр 4 и выпускной клапан 5, на котором имеется нестораемый уплотнитель 6. Клапан подвешивается к штуцеру горелки при помощи ниппеля 7 и накидной гайки 8.

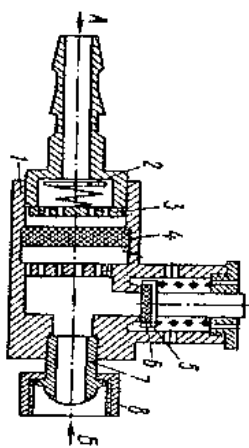


Рис. 58. Шланговый обратный клапан

При нормальной работе газ поступает в направлении, обозначенном стрелкой А. При обратном ударе газовая смесь движется в обратном направлении (стрелка В). Часть смеси при этом выбрасывается через клапан 5 в атмосферу, пламя гасится в фильтре 4, а дисковый клапан 2 перекрывает доступ газов в шланг. Медная сетка 3 устанавливается для жесткости.

§ 44. Баллоны для сжатых газов. Баллонные вентили

Баллоны для сжатых газов различаются по конструктивным особенностям и вместимости. Наиболее распространенными являются баллоны вместимостью 40 дм³.

Баллоны окрашиваются в различные цвета, которые обозначают содержимое баллонов (условные обозначения приведены в Приложении 2).

На верхней части баллона устанавливается неокрашенное место, где выбивают паспортные данные баллона: товарный знак завода-изготовителя, номер баллона, масса пустого баллона, дата изготовления, год следующего испытания, емкость, рабочее и испытательное давление, клеймо ОТК. Испытания баллонов проводятся каждые пять лет эксплуатации.

Кислород наполняют в баллоны до давления 150 ат. Определить количество кислорода, находящегося в баллоне (в переводе на нормальное давление), можно умножением давления газа в нем (по показанию манометра) на емкость баллона. Например, баллон емкостью 40 дм³ при давлении 150 ат будет содержать 150×40 = 6000 дм³ кислорода.

Полностью вытескать кислород из баллона нельзя, так как на заводе, где наполняются баллоны, проводится проверка состава газа, находящегося в баллоне ранее.

Ацетиленовые баллоны заполняются пористой массой (пемза, древесный уголь и т. д.), пропитывающейся ацетиленом, в котором хорошо растворяется ацетилен. Ацетилен, растворенный в ацетоне и находящийся в порах, становится взрывоопасным, и его можно хранить в баллоне под давлением. Один объем ацетона растворяет при нормальных условиях (давления и температуре) 23 объема ацетилена. Давление растворенного ацетилена в наполненном баллоне не должно превышать 1,9 кгс/см² (или же 1,9 МПа) при 20 °С.

При отборе из баллона ацетилена частично уносятся и ацетон. Поэтому для уменьшения потерь ацетона нельзя отбирать ацетилен из баллона со скоростью, большей чем 1700 дм³/ч. Остаточное давление в баллоне должно составлять 0,5–1,0 кгс/см² при 20 °С, при температуре от 25 до 35 °С — 3 кгс/см².

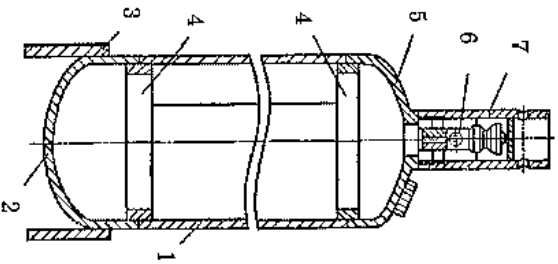


Рис. 59. Баллон для пропан-бутана

Ацетиленовые баллоны при работе должны всегда находиться в вертикальном положении!

Баллоны для сжиженных газов (пропан-бутана) свариваются из углеродистой стали Ст3 толщиной 3 мм. Выпускаются баллоны вместимостью 27, 40, 50, 80 дм³. Баллоны окрашиваются в красный цвет с белой надписью (например: «Пропан»).

Баллоны наполняются сжиженным газом с таким расчетом, чтобы над жидкостью имелась паровая подушка для заполнения ее расширившимся газом в случае повышения температуры.

На рис. 59 представлена конструкция баллона для пропан-бутана.

Баллонные вентили. Все баллонные вентили, одинаковы по назначению и принципу действия, конструкции же несколько различаются.

Вентиль является запорным устройством, которое призван сохранять в баллоне сжатый или сжиженный газ. Любой вентиль имеет шпиндель, который перемещается при помощи маховичка, открывая или закрывая клапан. Хвостовик вентиля имеет коническую резьбу, причем она различна для разных типов баллонов (чтобы исключить установку на баллон несоответствующего ему вентиля).

Вентиль кислородного баллона изготавливается из латуни, так как она обладает коррозионной стойкостью при работе в среде кислорода. Редуктор подвешивается к вентилю с помощью накидной гайки с правой резьбой. Кислородный вентиль не должен загрязняться, особенно маслами и жирами. Кислородные вентили можно устанавливать на баллоны с аргонном, азотом, сжатым воздухом и углекислотой.

Вентили для ацетиленовых баллонов изготавливаются из стали, так как медные сплавы способны образовывать

с ацетиленом взрывчатое соединение — ацетиленистую медь. Ацетиленовый редуктор подсоединяется к вентилю хомутом, а открывание вентиля осуществляется специальным торцовым ключом.

§ 45. Редукторы для сжатых газов

Основным назначением газовых редукторов является понижение давления газа с сетевого или баллонного до рабочего давления и автоматического поддержания его на нужном уровне независимо от изменений давления газа в баллоне или в сети.

Все редукторы имеют одинаковый принцип действия (рис. 60). Редуктор имеет две камеры: высокого давления 2 и низкого давления 6. Давление в камере 2 равно баллоному, т. е. камера сообщается с баллоном непосредственно.

Между камерами имеется клапан 1, на который воздействуют две пружины (3 и 8). В зависимости от соотношения усилий сжатия этих пружин клапан будет либо открыт, либо закрыт. Сжатие пружины регулируется винтом 9. Чтобы закрыть клапан 1, нужно полностью ослабить пружину 8 (т. е. вывернуть винт 9).

Камера низкого давления 6 через газовой вентиль соединяется с горелкой, а давление газа в горелке равно давлению газа в камере. Если при каком-то положении винта 9 расход и поступление газа в редуктор равны (не путать с давлениями в камерах!), то рабочее давление остается постоянным и мембрана 7 находится в одном положении.

Если же количество отбираемого газа больше поступающего, то давление в камере 6 снизится. При этом нажимная пружина 8 будет удлиняться и деформировать диафрагму 7; клапан 1 приоткрывается больше и поступает

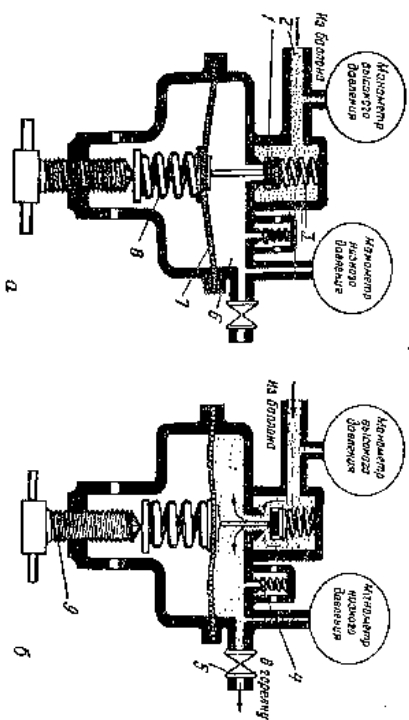


Рис. 60. Схема устройства и работы редуктора:
а — нерабочее положение, б — рабочее положение

ние газа в камеру 6 увеличится. В случае уменьшения расхода газа давление в камере 6 увеличится, что вызовет изгиб диафрагмы 7 в обратную сторону. При этом клапан 1 начнет закрываться и поступление газа уменьшится. Таким образом, обеспечивается автоматическое поддержание давления.

Редукторы подразделяются по ряду признаков:

- признаку действия (прямого и обратного действия);
- пропускной способности;
- рабочему давлению газа;
- виду газа.

Кроме одноступенчатых (однокамерных) редукторов, какой был рассмотрен выше, выпускаются двухступенчатые (двухкамерные) редукторы, в которых снижение давления газа происходит за две ступени. Например, в кислородном редукторе на первой ступени давление снижается

со 150 ат до 50 ат, на второй ступени — от 50 ат до рабочего давления.

Двухступенчатые редукторы имеют ряд преимуществ по сравнению с одноступенчатыми:

— более точно поддерживают заданное давление;

Таблица 21
Основные технические характеристики
газовых редукторов

Марка редуктора	Наибольшая пропускная способность, м ³ /ч	Наибольшее давление на входе, кгс/см ²	Наибольшее рабочее давление, кгс/см ²	Масса, кг
БКО-25	25	200	8	3,5
БКО-50	50	8	2	3,5
БРД-25	25	12,5	2,1	3,5
БТО-5	5	1,5	3,6	2,0
БАО-5	5	25	3	2,0
БАД-5	5	1,5	2,2	2,0
РДЗ-250	250	200	16	13,0
РКЗ-500	500	200	16	13,0
САО-10	10	1,2	1	1,8
СКО-10	10	16	1	1,8
СПО-6	6	3	1,5	1,8
СМО-35	35	3	1,5	1,8
РАО-30	30	25	1	8
РАД-30	30	25	1	10
РТО-25	25	25	3	8
РДД-25	25	25	3	10

Примечание. Марки редукторов обозначаются буквами и цифрами. Цифры означают пропускную способность редуктора в м³/ч. Буквы означают следующее: Б — баллонный, С — сетевой, Р — роликовый редуктор, В — водород, К — кислород, А — ацетилен, М — метан, П — пропан, О — одна ступень с пружиной заданием, З — одна ступень с пневматическим заданием, Д — две ступени с пружиной заданием.

— не нуждаются в частой регулировке давления газа в процессе работы;

— не замерзают при низких температурах.

Недостатком таких редукторов является более сложная конструкция.

Ацетиленовый редуктор по принципу действия аналогичен кислородному, но отличается способом подведения к баллону. Этим же отличаются редукторы для других горючих газов (табл. 21).

Корпуса редукторов для разных газов окрашиваются в тот же цвет, что и газовые баллоны.

Промышленность выпускает редукторы различных марок: баллонные кислородные одноступенчатые ДКП-1-65, двухступенчатые ДК-8-65 и ДКД-15-65, баллонные ацетиленовые ДАП-1-65, двухступенчатые ДАД-1-65, водородные редукторы ДВП-1-65, пропан-бутановые ДПП-1-65.

На газопроводах устанавливаются сетевые редукторы: кислородный ДКС, ацетиленовый ДАС-1-66, пропановый ДПС-1-66, метановый ДМС-1-66. Кроме того, выпускаются центральные (рамповые) редукторы с повышенной пропускной способностью (ДКР-250, ДКР-500, ДАР-1-64).

Для аргона производится редукторы марок АР-10, АР-40, АР-150.

Правила обращения с редукторами

Перед присоединением редуктора к баллону необходимо прокрутить отверстие вентиля баллона, для чего вентиль открывают на 1–2 сек. Сварщик при этом должен стоять в стороне от выходящей струи газа. На штуцере, прокладке и резьбе накидной гайки не должно быть грязи и масла.

Редуктор должен присоединяться при вывернутом регулировочном винте.

Накидная гайка редуктора сначала наворачивается на шпатель вентиля рукой, а затем гаечным ключом с наибольшим усилием.

Открытая вентиль баллона, следует за показаниями манометра большого давления. Регулировочным винтом редуктора устанавливается рабочее давление, и после этого пускают газ в горелку.

При перерывах в работе вентиль баллона закрывают, ослабляют регулировочный винт редуктора, а из камеры низкого давления выпускают газ.

При эксплуатации редуктора необходимо:

- следить за исправностью манометров;
- работать только с исправными манометрами;
- регулировочный винт редуктора вращать плавно, без рывков;
- следить за исправностью предохранительного клапана редуктора.

§ 46. Газовые рукава (шланги)

Газовые рукава служат для подвода газа к резаку или горелке. Рукава изготавливаются из резины с одной или двумя тканевыми прослойками. Выпускаются рукава трех типов (ГОСТ 9356-75):

- типа 1 — для ацетилена и газов — замедителей ацетилена (пропана и др.);
- типа 2 — для жидких горючих (рукава выпускаются из бензостойкой резины);
- типа 3 — для кислорода.

Рукава изготавливаются с различным внутренним диаметром: 6, 9, 12, 16 мм и др. Для горелок низкой мощности применяются рукава с внутренним диаметром 6 мм.

Газовые рукава имеют соответствующую окраску: ацетиленовые — красного цвета, кислородные — синего, рукава для жидкого горючего (типа 2) — желтую.

При работе в условиях низких температур (ниже -35°C) используют некрашенные рукава из морозостойкой резины.

Длина рукава должна составлять не менее 4,5 м и не более 20 м (при использовании более длинных рукавов давление газа значительно снижается). В отдельных случаях допускается использование рукавов до 40 м длины.

Рукава должны надежно крепиться на редукторах, горелках, бачках жидкого горючего и т. д.

Рукава выпускаются на соответствующее рабочее давление: рукава типов 1 и 2 — до 6 ат, типа 3 — до 15 ат.

§ 47. Сварочные горелки

Сварочной горелкой называется техническое устройство, служащее для смешивания горючего газа (или паров горючей жидкости) с кислородом и получения сварочного пламени.

Сварочные горелки классифицируются следующим образом (ГОСТ 1077-69):

— по роду применяемого горючего газа (или жидкости): ацетиленовые, для газов-замедителей, водородные, для жидких горючих;

— по назначению: универсальные (для сварки, резки, пайки, баллажки) и специализированные (для выполнения какой-то одной операции);

— по способу подачи горючего газа и кислорода в смешивательную камеру (инжекторные горелки и безинжекторные);

— по числу пламени (многопламенные и однопламенные);

— по мощности пламени (микромощные горелки с расходом ацетилена 5–60 л/ч, малой мощности (25–700 л/ч, средней мощности — 50–2500 л/ч, большой мощности — 2500–7000 л/ч);

— по способу применения (ручные горелки и машинные).

Принцип действия инжекторной горелки

В инжекторных горелках подача горючего газа в смешительную камеру производится за счет подсоса его струей кислорода, вытекающего с большой скоростью из отверстия сопла. Этот процесс подсоса газа более низкого давления струей кислорода, которая подводится с более

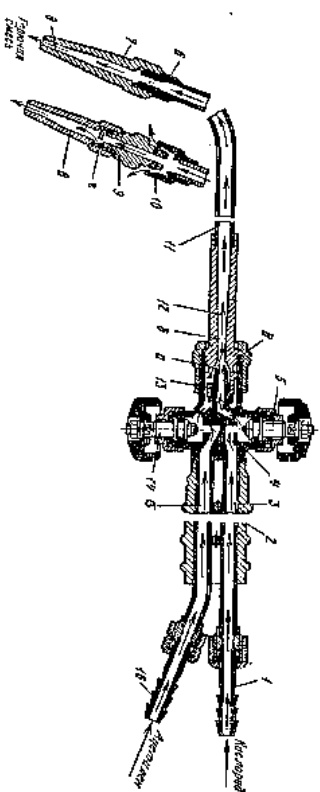


Рис. 61. Устройство инжекторной горелки:

1, 16 — кислородный и ацетиленовый ниппели, 2 — рукоятка, 3, 15 — кислородная и ацетиленовая трубки, 4 — корпус, 5, 14 — кислородный и ацетиленовый вентили, 6 — ниппель наконечника, 7 — мундштук, 8 — мундштук для пропан-бутан-кислородной смеси, 9 — штуцер, 10 — подогреватель, 11 — трубка горючей смеси, 12 — смешительная камера, 13 — инжектор; а, б — диаметры выходного канала инжекторасмесительной камеры, в — размер зазора между инжектором и смешительной камерой, г — боковые отверстия в штуцере 9 для нагрева смеси, д — диаметр отверстия мундштука

высоким давлением, называется инжекцией. Горелки, в которых используется подобный принцип действия, называются инжекторными.

Для нормальной работы инжекторных горелок требуется, чтобы давление ацетилена было значительно ниже, чем давление кислорода (0,001–0,12 МПа и 0,15–0,5 МПа соответственно).

На рис. 61 приведена схема устройства инжекторной горелки.

Горелка состоит из двух основных частей — ствола и наконечника. Ствол имеет кислородный ниппель 1 и ацетиленовый ниппель 16 с трубками 3 и 15, рукоятку 2, корпус 4 с двумя вентилями — ацетиленовым 14 и кислородным 5.

Вентили служат для пуска и прекращения подачи газа при гашении пламени, а также для регулировки расхода. Наконечник горелки состоит из смешительной камеры 12, инжектора 13, трубки 11 с ниппелем наконечника 6 и мундштука 7. Весь узел наконечника подводится к корпусу ствола горелки специальной накидной гайкой.

Инжектор 13 (рис. 62) — это цилиндрическая деталь с центральным каналом для кислорода и периферийными радиально расположенными каналами для ацетилена. Центральный канал имеет очень маленький диаметр.

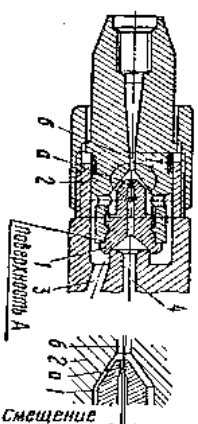


Рис. 62. Схема инжекторного устройства

Для нормальной инжекции необходимо правильный выбор зазора между торцом инжектора и конусом смеси газовой камеры.

Разряжение за инжектором (подсасывающее ацетилен) достигается за счет высокой скорости кислородной струи (до 300 м/сек). Давление кислорода, который поступает через вентиль 5, составляет от 0,5 до 4 кгс/см².

В смеси газовой камере ацетилен смешивается с кислородом и смесь поступает в канал муфты. Смесь выходит из муфты со скоростью 50—170 м/сек.

Нагрев наконечника горелки снижает инжекцию и уменьшает разряжение в камере инжекции, что уменьшает поступление ацетилена в горелку. Это, в свою очередь, ведет к усилению окислительного действия сварочного пламени. Чтобы восстановить нормальный состав сварочного пламени, сварщик должен по мере нагревания наконечника увеличивать поступление ацетилена, открывая ацетиленовый вентиль.

В комплект горелки входит несколько наконечников разных номеров. Для каждого наконечника установлены размеры каналов инжектора и размеры муфты.

Конструкция пропан-кислородных горелок отличается наличием перед муфтой устройства 10 для подтравки пропан-кислородной смеси. Дополнительный нагрев нужен для повышения температуры пламени.

Безынжекторные горелки. В безынжекторных горелках горючий газ и кислород подаются примерно под одинаковым давлением (0,05—0,01 МПа). В горелке отсутствует инжектор; вместо него имеется простое смешивательное сопло, которое ввертывается в трубку наконечника горелки (рис. 63).

Кислород по рукаву через ниппель 4, вентиль 3 и специальные дозирующие каналы поступает в смешиватель горелки. Аналогично поступает в горелку и ацетилен.

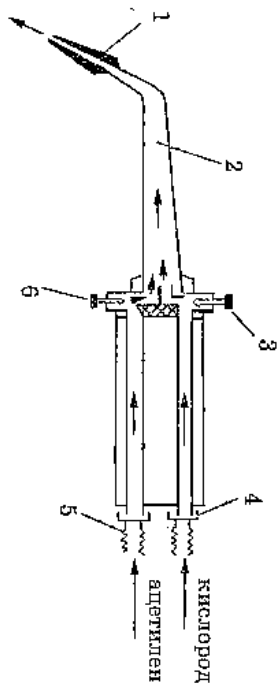


Рис. 63. Схема безынжекторной горелки

Для образования нормального сварочного пламени горючая смесь должна вытекать из горелки с определенной скоростью, а именно со скоростью горения. Если скорость истечения больше скорости горения, то пламя будет отрываться от муфты и гаснуть. Если же, наоборот, скорость истечения меньше скорости горения, то горючая смесь будет загораться внутри наконечника.

В связи с этим сварочные посты дополнительно оборудуют автоматическими регуляторами, обеспечивающими равенство давлений ацетилена и кислорода.

Правила обращения с горелками

Исправная горелка дает нормальное устойчивое сварочное пламя. В случае, если горение неровное, пламя гаснет или отрывается от муфты, если прохладят обратные удары, нужно отрегулировать и проверить все узлы газовой горелки.

Перед проведением проверки необходимо тщательно ознакомиться с инструкцией по эксплуатации горелки.

Для проверки инжектора горелки необходимо подсоединить кислородный рукав, а к корпусу горелки —

Таблица 22

**Основные технические характеристики газовых горелок
малой и средней мощности (инжекторных)**

Параметры	Номер наконечника							
	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	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	230-430	400-700	660-1100	1030-1750	1700-2800
Давление кислорода на входе в горелку, кгс/см ²	0,3-4	1-4	1,5-4	2-4	2-4	2-4	2-4	2-4
Диаметр отверстий, мм								
Инджектора	0,18	0,25	0,35	0,45	0,6	0,75	0,95	1,2
Мундштука	0,6	0,85	1,15	1,5	1,9	2,3	2,8	3,5
Скорость истечения смеси из мундштука	40-135	50-130	65-135	75-135	80-140	90-150	100-160	110-170

Примечание. Давление ацетилена на входе в горелку для всех номеров наконечника не ниже 0,01 кгс/см².

наконечник. Накладную гайку наконечника зажимают ключом, затем открывают ацетиленовый вентиль, а кислородным регулятором устанавливают необходимое давление кислорода (в зависимости от номера наконечника). Затем пускают кислород в горелку, открывая кислородный вентиль. Разряднение, которое создает проходящий кислород, можно обнаружить, приложив палец к ацетиленовому ниппелю (палец будет присасываться к ниппелю).

При отсутствии разряднения необходимо проверить, не засорился ли инжектор. Кроме того, проверяют отверстия смешительной камеры и мундштука. При засорении этих отверстий их прочищают, а затем повторяют процедуру на подсос.

Величина подсоса зависит от зазора между концом инжектора и входом в смешительную камеру. Зазор регулируют, вывертывая инжектор из смешительной камеры (табл. 22).

Работа неисправными горелками запрещается, так как это может вызвать взрывы, пожары, ожоги газосварщика.

Вопросы для самопроверки

1. Какие газы применяются для газовой сварки?
2. Как получают ацетилен из карбида кальция?
3. Как подразделяются ацетиленовые генераторы по способу взаимодействия карбида кальция с водой?
4. Что такое обратный удар?
5. Для чего нужны предохранительные загвозды?
6. Что такое газовый регулятор, для чего предназначен и как устроен?
7. Что называется сварочной горелкой?
8. Как классифицируются сварочные горелки?
9. Что такое инжекция?

Глава 10. СВАРОЧНОЕ ПЛАМЯ

§ 48. Структура сварочного пламени

Все горючие газы, содержащие углеводороды, сторая, образуют сварочное пламя, имеющее три ясно различаемые области или зоны (рис. 64):

- ядро пламени (1);
- восстановительную зону (2);
- факал (3) — окислительную зону.

Водородное пламя не имеет хорошо различимых зон, поэтому его трудно регулировать по внешнему виду.

Рассмотрим более подробно структуру сварочного пламени на примере ацетилен-кислородного пламени.

Ядро ацетилен-кислородного пламени представляет собой смесь сильно нагретого кислорода и диссоциированного (разложившего на элементы) ацетилена:



Ядро пламени выделяется в нем ярким свечением и резкими очертаниями.

Торение ацетилена начинается на внешней оболочке ядра и продолжается во второй зоне по реакции:

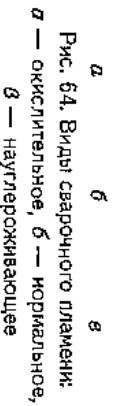
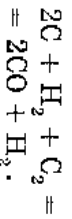


Рис. 64. Виды сварочного пламени:
а — окислительное, б — нормальное, в — науглероживающее

вообще не сторает. Горение идет за счет кислорода, присутствующего в смеси.

На второй стадии (в третьей зоне пламени) полностью сторает углерод и торит водород, причем горение происходит за счет кислорода воздуха:



Таким образом, для полного сторания одного объема ацетилена требуется два с половиной объема кислорода; при этом один объем поступает из смеси (или из кислородного баллона) и полтора объема — из воздуха.

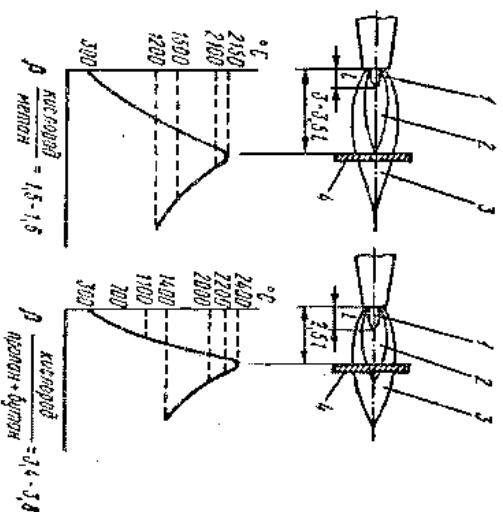


Рис. 65. Схемы и графики распределения температур метан-кислородного и пропан-бутан-кислородного пламени:
1 — ядро, 2 — восстановительная зона, 3 — факал, 4 — свариваемый металл, ρ — длина

Процесс горения горючего газа в кислороде происходит экзотермически, т. е. с выделением тепла.

На рис. 65 показан график распределения температуры в сварочном пламени. Как видно из рисунка, наиболее высокая температура (достигающая 3050–3150 °С) наблюдается на расстоянии 2–6 мм от конца ядра. При увеличении расхода ацетилена и кислорода это расстояние увеличивается.

На рис. 65 даны также графики распределения температур для метан-кислородного и пропан-бутан-кислородного пламени.

§ 49. Виды сварочного пламени

В зависимости от соотношения между ацетиленом и кислородом, подаваемых в горелку, получают три основных вида сварочного пламени:

- нормальное;
- окислительное;
- науглероживающее.

Количественные соотношения между кислородом и ацетиленом можно выразить так:

если $\frac{O_2}{C_2H_2} \leq 1$, пламя будет науглероживающим, при

$\frac{O_2}{C_2H_2} = 1,0-1,1$ пламя будет нормальным, при $\frac{O_2}{C_2H_2} \geq 1,3$ —

пламя окислительное.

Нормальное пламя характерно отсутствием в восстановительной зоне свободного углерода и кислорода. Нормальное пламя имеет ярко выраженные три зоны. Ядро

имеет резко очерченную форму, плавно закругляющуюся на конце, с ярко светящейся оболочкой. Размеры ядра будут зависеть от состава горючей смеси, ее расхода, а также скорости истечения.

Окислительное пламя, как видно из формул, получается при избытке кислорода, когда в горелку подается более чем 1,3 объема кислорода по сравнению с объемом подаваемого ацетилена.

Ядро окислительного пламени менее выражено и имеет более бледную окраску. Ядро имеет конусообразную форму и значительно сокращается по длине. Все пламя приобретает синевато-фиолетовую окраску и горит с характерным шумом.

Температура окислительного пламени несколько выше, чем у нормального, но применять его для сварки сталей нельзя из-за окисления металла шва — шов получается пористее и хрупким.

Окислительное пламя применяется для сварки латуны, а также для пайки твердыми припоями.

Науглероживающее пламя получают при избытке ацетилена по сравнению с кислородом. Ядро науглероживающего пламени теряет резкость очертаний, а на его конце появляется зеленый венчик, по которому можно определить избыток ацетилена. Восстановительная зона такого пламени значительно светлее и почти сливается с ядром, а далее имеет желтоватую окраску.

При большом избытке ацетилена пламя начинает коптить (это означает, что имеется много несгоревшего углерода). Избыточный углерод, который имеется в пламени, легко поглощается расплавленным металлом. В результате качество основного металла и металла шва ухудшается.

Температура науглероживающего пламени ниже, чем у нормального и окислительного.

§ 50. Металлургические процессы при газовой сварке

По сравнению с дуговой сваркой газовая сварка происходит с более низкими скоростями нагревания и охлаждения сварного соединения, что способствует смешению мелких зерен в крупные и более длительному протеканию химических процессов в сварочной ванне, между расплавленными металлом и газами сварочного пламени.

В случае окислительного сварочного пламени (т. е. при избытке в нем кислорода) происходят интенсивные реакции окисления железа, марганца, кремния и других элементов, входящих в состав стали. Железо окисляется по реакции:



т. е. образуя закись железа, которая способна растворяться в железе, причем в значительных количествах. Кроме того, закись железа окисляет различные элементы, находящиеся в растворенном состоянии, а также углерод, содержащейся в соединении Fe_3C :

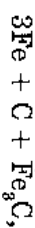


Оксиды MnO и SiO_2 могут оставаться в металле шва при его охлаждении или выплывать вверх и переходить в сварочный шлак.

Если содержание марганца, кремния и углерода в сварочной ванне уменьшается, то удаление растворенной закиси железа FeO приостанавливается. При этом избы-

ток кислорода в наплавленном металле (в основном в виде закиси железа) приводит к ухудшению его механических свойств. Особенно понижается вязкость металла шва. Еще один недостаток применения окислительного пламени — разбрызгивание металла при сварке, которое происходит из-за выхода из сварочного пламени газа CO , образующегося по реакции, приведенной выше.

При сварке науглероживающим пламенем сварочная ванна контактирует с газами H_2 , CO , углеродом C_2 . При этом как газ CO , так и твердый углерод реагируют с железом, образуя карбиды железа:



в результате чего происходит науглероживание металла шва. Такое пламя особенно применяется при сварке чугуна.

При сварке нормальным пламенем сварочная ванна и присадочный металл контактируют в основном с газами H_2 и CO , которые образуются во второй зоне пламени.

Окись углерода CO , как правило, не усиливает химически взаимодействовать с элементами стали. Водород при высоких температурах нагрева может растворяться в железе, а при охлаждении сварочной ванны вновь выделяется из него, поступая в третью зону пламени и способствуя образованию паров воды. Низкоуглеродистые стали не ухудшают своих свойств при сварке нормальным пламенем (из-за газов H_2 и CO), если скорость охлаждения металла шва небольшая.

Водород, образующийся в сварочном пламени, предотвращает большую опасность при сварке меди, алюминия, а также некоторых высоколегированных сталей, вызывая растрескивание и пористость шва.

Зона термического влияния при газовой сварке может составлять от 8 до 25 мм в обе стороны от сварного шва.

Вопросы для самопроверки

1. Какие зоны имеются у сварочного пламени?
2. Какая зона имеет наиболее высокую температуру?
3. Какие виды сварочного пламени вы знаете?
4. Как отличить различные виды сварочного пламени?

Глава 11. ТЕХНОЛОГИЯ ГАЗОВОЙ СВАРКИ

§ 51. Области применения газовой сварки

Газовая сварка относится к сварке плавлением. Газовая сварка относительно проста, не требует сложного оборудования и источников электрической энергии. К недостаткам газовой сварки относятся, в первую очередь, меньшая скорость и большая зона нагрева, чем при дуговой сварке.

Производительность газовой сварки тонких стальных листов (до 1,5 мм) в полтора раза выше, чем при дуговой сварке покрытыми электродами. Однако при толщине листов свыше 2 мм производительность дуговой сварки уже выше. Поэтому во многих областях газовая сварка вытесняется различными видами электрической сварки.

Газовая сварка применяется при монтаже труб малого и среднего диаметра, ремонте литых изделий из чугуна, сварке изделий из алюминия, меди и латуни, при наплавке. Газовое пламя удобно использовать при пайке.

Газовая сварка уступает дуговой по прочности, пластичности и вязкости металла шва, независимо от толщины свариваемого металла.

§ 52. Выбор и регулировка сварочного пламени

При выполнении сварочных работ необходимо, чтобы сварочное пламя имело достаточную тепловую мощность. Тепловая мощность подбирается в зависимости от толщины свариваемого металла и его физических свойств.

Мощность теплового пламени определяется количеством ацетилена, проходящего через горелку, и регулируется коническими горелки.

Необходимую тепловую мощность для сварки сталей можно приблизительно определить по формуле

$$P = K \cdot S,$$

где P — мощность, а вернее, расход ацетилена в $\text{дм}^3/\text{ч}$,

S — толщина металла в мм,

K — коэффициент расхода, равный 100–130 $\text{дм}^3/\text{ч}$ на один миллиметр толщины.

Пример. Определим мощность сварочного пламени, необходимого для сварки стали толщиной 8 мм:

$$P = (100 - 130) \cdot 8 = 800 - 1040 \text{ дм}^3/\text{ч}.$$

Таким образом, чтобы сварить 8 мм сталь, требуется расход ацетилена в пределах от 800 до 1040 $\text{дм}^3/\text{ч}$.

Для сварки различных металлов требуется определенным вид сварочного пламени — окислительное, нормаль-

ное или науглероживающее. Газосварщик должен уметь устанавливать ежкий вид пламени на газ.

§ 53. Правая и левая сварка

При газовой сварке различают правую и левую сварку. При правой сварке (рис. 66) перемещение газовой горелки производится слева направо, при левой сварке — справа налево.

При левом способе сварки присадочная проволока находится перед пламенем горелки, при правом способе — позади него. При левом способе пламя направлено на несваренную часть шва. Чтобы обеспечить более равномерный прогрев кромок и лучшее перемешивание металла сварочной ванны, производится зигзагообразные движения наконечника и проволоки.

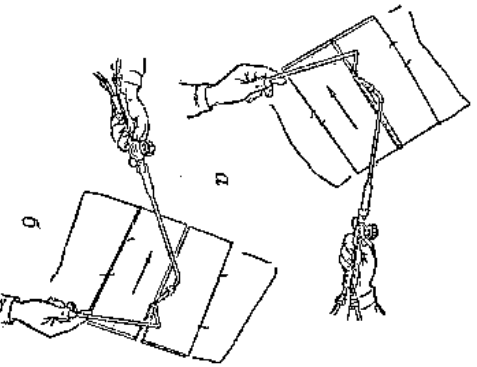


Рис. 66. Способы сварки:
а — левый, б — правый

Левая сварка наиболее распространена и применяется для сварки тонких листов (до 5 мм) и легкоплавких металлов. В этом случае левый способ сварки обеспечивает наибольшую производительность и наименьшую ступенчатость.

При левом способе сварки кромки основного металла предварительно прогреваются, что способствует хорошей перемешиванию сварочной ванны. Сварщик хорошо видит сварной шов, поэтому внешний вид шва лучше, чем

при варке правым способом. Кроме этого, левый способ сварки проще, чем правый, и не требует от сварщика высокой квалификации.

При толщине листов свыше 5 мм выгоднее правый способ сварки. Он применяется также для сварки металлов с большой теплопроводностью.

При правом способе пламя направлено на сваренный шов, что обеспечивает лучшую защиту сварочной ванны от кислорода и азота воздуха, а также замедленное охлаждение металла шва в процессе кристаллизации. Из-за этого качество шва при правом способе выше, чем при левом способе (именно качество, а не внешний вид шва).

При правом способе сварки тепло пламени рассеивается меньше, чем при левом способе. Поэтому угол разделки кромок составляет не 90°, а меньше — 60—70°. Это уменьшает количество наплавленного металла, а также коробление изделия.

При правом способе сварки не делают колебательных движений мундштуком горелки, а присадочной проволокой выполняют спиралесобразные движения, причем с меньшей амплитудой, чем при левом способе.

Мощность сварочного пламени (для стали) выбирается из расчета 100—130 дж³/ч ацетилена при левом способе сварки и 120—150 дж³/ч ацетилена на 1 мм толщины сваряемого металла при правом способе сварки.

Диаметр присадочной проволоки выбирается по формулам:

$$d = \frac{S}{2} \quad \text{для правого способа}$$

$$d = \frac{S}{2} + 1 \quad \text{для левого способа.}$$

Здесь d (в мм) — диаметр присадочной проволоки, а S — толщина сваряемого металла (также в мм).

§ 54. Положение горелки и присадочной проволоки

Пламя газовой горелки направляется так, чтобы кромки свариваемого металла находились в восстановительной зоне пламени на расстоянии от 2 до 6 мм от конца вадра. Нельзя касаться металла и присадочного прутка концом вадра пламени, т. к. это вызывает науглероживание металла сварочной ванны, способствует образованию хлопков и обратных ударов пламени.

Скорость нагрева металла регулируется изменением угла наклона мундштука относительно поверхности свариваемого металла. Величина этого наклона (угол α на рис. 67) выбирается в зависимости от толщины и вида свариваемого металла. Чем больше толщина металла, тем больше должен быть угол наклона, причем в начале сварки угол наклона устанавливается несколько больше, а по мере протекания металла его уменьшают до положенного. В конце сварки, наоборот, угол наклона постепенно уменьшают.

Угол наклона присадочной проволоки обычно находится в пределах 30°—40° и регулируется сварщиком в зависимости от различных факторов — положения шва в пространстве, количества слоев многослойного шва и т. п.

Конец сварочной проволоки должен постоянно находиться в сварочной ванне, защищенной от окружающего воздуха газами восстановительной зоны пламени. В противном случае может возникнуть опасность окисления металла проволоки.

В процессе сварки конец мундштука совершает одно-временно два движения — продольное (основное) вдоль оси шва и поперечное движение выполняется для равномерного прогрева кромок основного и присадочного металла и получения шва нужной ширины.

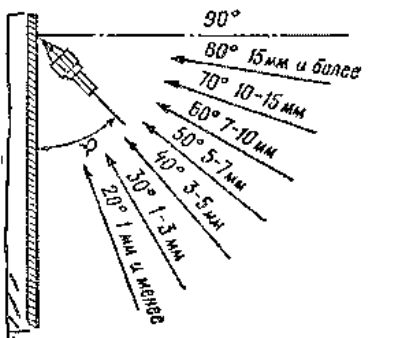


Рис. 67. График угла наклона мундштука горелки

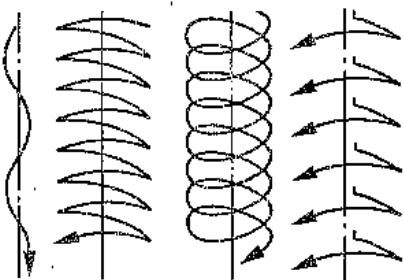


Рис. 68. Способы перемещения горелки

Эти движения могут совершаться различными способами (рис. 68). Первый способ, когда пламя горелки перидически отводится в сторону, для газовой сварки не рекомендуется, т. к. возможно окисление расплавленного металла воздухом. Второй способ — движение по спирали и третий — «полумесцем» используются при сварке металла средней толщины. Четвертый способ применяется для сварки тонких листов.

§ 55. Подготовка и сборка изделия под сварку

Перед газовой сваркой кромки свариваемого металла, а также прилегающие к ним участки очищают от окисной, ржавчины, краски и других загрязнений. Зачистку ведут

металлической щеткой или же пламенем варочной горелки с последующей зачисткой металлической щеткой.

Чтобы обеспечить полный провар металла по всей толщине, перед газовой сваркой производится подготовка кромок свариваемых деталей.

Перед сваркой детали соединяют друг с другом короткими швами (прихватками), чтобы в процессе сварки зазор между деталями оставался постоянным. Размеры прихваток и расстояние между ними выбираются в зависимости от толщины свариваемого металла и длины шва.

При сварке тонких листов и коротких швах длина прихваток не должна быть более 5 мм, а расстояние между ними — 50—100 мм. При сварке толстых листов и швах значительной длины длина прихваток может быть примерно 20—30 мм, а расстояние между ними от 300 до 500 мм. Прихватки выполняют при тех же режимах, что и сварку.

Иногда стыковые швы сваривают и без прихваток. Свариваемые листы при этом укладывают так, чтобы они образовали между собой небольшой угол. По мере производства сварки листы стягиваются за счет попеременной усадки шва, и, таким образом, величина зазора остается постоянной по всей длине шва.

§ 56. Газовая сварка в различных пространственных положениях

Газовой сваркой выполняются нижние, горизонтальные и потолочные швы. Наибольшую трудность представляют потолочные швы: капли металла сварочной ванны стекают вниз и сварщик должен удерживать жидкий металл в шве дутьем газового пламени.

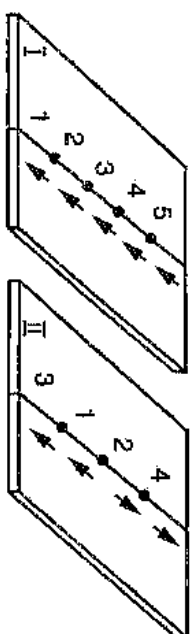


Рис. 69. Порядок наложения швов:
а — сварка от кромки, б — сварка от середины шва

Нижние швы свариваются легче всего: расплавленный присадочный металл под действием силы тяжести стекает в кратер и не вытекает из сварочной ванны. Кроме этого, при этом сварщику удобно наблюдать за ходом сварки.

Как уже говорилось, нижние швы сваривают как правым, так и левым способом, в зависимости от толщины металла.

При сварке длинных швов применяются ступенчатый или обратноступенчатый способы сварки. При этом весь шов разбивается на участки, сварка которых ведется в определенном порядке (рис. 69, где показана схема наложения швов при разных способах).

Вертикальные швы сваривают разными способами:

- а) тонкие детали — либо правым способом сверху вниз, либо левым способом — снизу вверх (рис. 70);
- б) металл толщиной от 2 до 20 мм целесообразнее сваривать методом двойного валика. В этом случае кромки не скапливаются, а свариваемые детали устанавливаются с зазором, который равен половине их толщины. Сварку ведут снизу вверх.

При сварке горизонтальных швов, когда расплавленный металл стремится стечь на нижнюю кромку, используют правый способ, держа концы присадочной проволоки сверху,

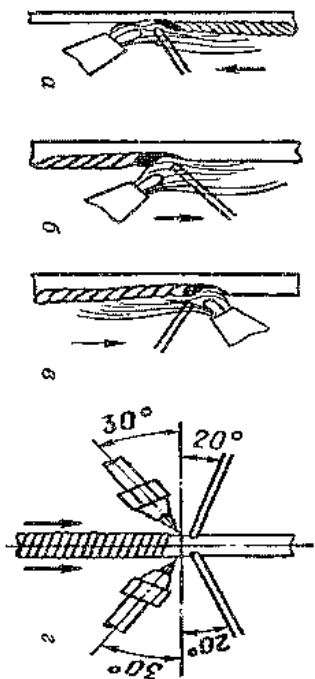


Рис. 70. Сварка вертикальными швами:
а — сверху; б и в — снизу вверх; г — схема сварки двойным валиком

в мушкетерку горелки снизу сварочной ванны. Тогда сварочная ванна расплывается под некоторым углом к оси шва, что облегчает его формирование и предотвращает стекание расплавленного металла.

При сварке потолочных швов кромки сначала прогревают до тех пор, пока не начнется их оплавление; в этот момент в сварочную ванну вводят присадочную проволоку, конец которой быстро оплавляется. Расплавленный металл удерживается от стекания вниз давлением газа пламени. Сварку ведут правым способом в несколько слоев с минимальной толщиной каждого слоя.

При газовой сварке накладываются однослойные и многослойные швы. При толщине стали 8–10 мм швы накладываются в два слоя. Листы толщиной свыше 10 мм сваривают с наложением трех и более слоев.

Многопроходные швы при газовой сварке не применяются, т. к. очень трудно накладывать узкие валики.

При выполнении многослойных швов каждый предыдущий слой должен быть очищен металлической щеткой от шлаков и толстой окалины.

§ 57. Напряжение и деформации при газовой сварке

Газовая сварка дает большую зону нагрева, чем другие виды сварки. Поэтому газовая сварка вызывает и большую величину сварочных деформаций.

Для уменьшения деформаций при газовой сварке следует стремиться выполнять следующие рекомендации:

- правильно выбирать режим сварки;
- равномерно нагревать деталь;
- равномерно распределять объем наплавленного металла;
- соблюдать правильный порядок наложения сварочных швов;
- прихватывать детали в наименьшем количестве точек.

Для уменьшения деформаций при сварке ветки применяют обратноступенчатый или комбинированный способ наложения швов. В этом случае весь шов разделяют на участки длиной 100–250 мм. Сварку ведут отдельными участками в том порядке, который указан на рис. 69 цифрами, и в тех направлениях, которые указаны стрелками.

При таких способах сварки листы почти не коробятся, т. к. обеспечивается более равномерное распределение тепла вдоль шва, чем при непрерывной сварке.

Для уменьшения деформаций применяют также способ уравнивания деформаций. Это достигается с помощью определенной очередности наложения швов — так, чтобы очередной шов вызывал деформации, обратные деформациям, возникшим при наложении предыдущего шва.

Еще один приемлемый способ — способ обратных деформаций. Суть способа в том, чтобы разместить детали перед сваркой таким образом, чтобы после сварки из-за возникших деформаций они приняли необходимое расположение. Уже упоминавшийся способ расположения

листов под некоторым углом (см. выше) — одно из применений метода обратных деформаций.

Для борьбы с возникающими деформациями применяют также предварительный подогрев свариваемых деталей. При этом уменьшается разность между температурой сварочной ванны и температурой детали, что, соответственно, приводит к уменьшению сварочных деформаций. Данный способ широко применяется при ремонте изделий из чугуна, алюминия, бронзы, высокоуглеродистых и легированных сталей.

В некоторых случаях целесообразно проковывать сварной шов. Проковку ведут как в горячем, так и в холодном состоянии. Проковка металла шва улучшает механические свойства наплавленного металла, а также уменьшает усадку.

Помимо этого, для того, чтобы снять возникшие при сварке напряжения и улучшить структуру металла шва, применяют термическую обработку.

Под термической обработкой сварных изделий понимают предварительный нагрев деталей перед сваркой, термическую обработку в процессе самой сварки, а также термическую обработку готового сварного изделия. Выбор тепловых режимов подобной обработки зависит от многих факторов: свойства свариваемых металлов и сплавов, условий сварки, формы деталей и т. д.

Вопросы для самопроверки

1. Назовите области применения газовой сварки.
2. Как выбирается и регулируется сварочные пламя?
3. В чем отличие правой и левой сварки?
4. Перечислите виды поперечных движений мундштуком горелки.
5. Можно ли газовой сваркой выполнять торсиональные и потогонные швы?

Глава 12. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ КИСЛОРОДНОЙ РЕЗКИ

§ 58. Резаки для кислородной резки

Резаки предназначены для смешивания горючего газа с кислородом, образования подогревающего пламени и подачи к разрезаемому металлу струи режущего кислорода. Резаки для газовой резки классифицируются по различным признакам:

- виду — резаки для разделительной, поверхностной, кислородно-флюсовой, копьевой;
- назначению — для ручной резки, машинные, специальные;
- роду горючего — для ацетилена, для газозаменителей, для жидких горючих;
- принципу действия — инжекторные и безинжекторные (разного давления);
- конструкции мундштуков — шелевые, многосопловые;
- величине давления кислорода — резаки низкого и высокого давления.

§ 59. Универсальные инжекторные резаки

Инжекторные резаки, так же как и инжекторные горелки, состоят из двух основных узлов — ствола и наконечника. Конструкция резака отличается тем, что у резака имеется дополнительная трубка (с венчиком) для подачи режущего кислорода (рис. 71) и специальная головка. Специальная головка I представляет собой два сменных мундштука — наружный 7 и внутренний 8.

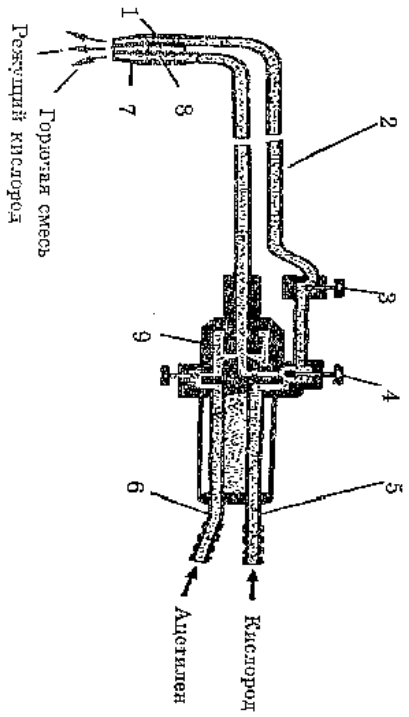


Рис. 71. Принципиальная схема инжекторного резака

Кислород из баллона поступает в резак через ниппель 5 и 6 в корпусе резака разветвляется по двум каналам. Одна часть газа через вентиль 4 направляется в инжектор 9, другая — через вентиль 3 в трубку 2 и, выходя через центральный канал внутреннего мундштука 8, обдувает струю режущего кислорода.

Мундштуки газовых резаков бывают с кольцевым подогревательным пламенем (или щелевым) и многосопловым (рис. 72). И в той, и в другой разновидности резаков струя режущего кислорода проходит по центральному каналу.

Щелевые мундштуки состоят из наружного и внутреннего мундштуков, смесь газов для подгревающего пламени проходит в зазор между мундштуками, кислородная струя — по центральному каналу. С помощью смены мундштуков можно регулировать расход газов и мощность подгревающего пламени.

Многосопловые мундштуки более сложны по конструкции и в изготовлении. К тому же при эксплуатации они

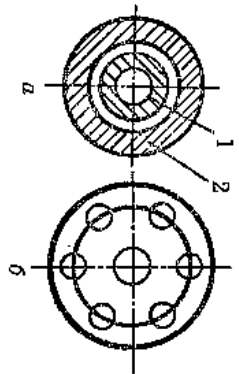


Рис. 72. Типы мундштуков:
а — щелевой, б — многосопловый;
1 — внутренний, 2 — наружный

могут забиваться каплями шлака, что нарушает процесс резки, приводит к образованию хлопков и обратных ударов. Поэтому многосопловые мундштуки применяются гораздо реже, чем щелевые.

Мундштуки являются наиболее важными деталями резаков. Должна обеспечиваться герметичность соединения мундштуков и отсутствие прилипания брызг разрезаемого металла к их

Таблица 23
Некоторые технические характеристики ручного универсального резака

Параметры	Толщина разрезаемого металла, мм					
	3-5	5-25	25-50	50-100	100-200	200-300
Номер мундштука: внутреннего наружного	1 1	2 1	3 1	4 2	5 2	5 2
Давление режущего кислорода, кгс/см ²	3	4	6	8	10	12
Расход, м ³ /ч: Кислорода Ацетилена	3,0 0,3	6,0 0,4	10,0 0,5	15,0 0,5	26,0 0,7	40,0 0,8
Скорость резаки, мм/мин	550	370	260	165	100	80
Приблизительная ширина реза, мм	2,0-2,5	2,5-3,5	3,5-4,5	4,5-7,0	7-10	10-15

поверхности. Для этого муфдштуки изготавливаются из бронзы Вр. Х 0,5, содержащей хром — пленка окиси хрома тугоплавка и сильно уменьшает возможность прикипания брызг.

Муфдштуки для резки стали подбираются по данным таблицы (ГОСТ 5191—69).

§ 60. Вставные резак

При различных видах работ, например, монтажных и ремонтных, приходится часто переходить от сварки к резке и наоборот. В этих условиях для экономии времени целесообразно использовать вставные резак.

Все виды вставных резакв однотипны по конструкции и отличаются только устройством муфдштуков. Вставные резаки подразделяются к стволу газовой горелки вместо ее сменного наконечника.

На рис. 73 приведена схема устройства вставного резакв РС-70.

Вставной универсальный резак РС-70 инжекторного типа предназначается для ручной разделительной резки стали толщиной от 3 до 70 мм. Масса резакв 0,6 кг.

Резак подразделяется к стволу горелок типа ГС-3 и «Звезда» при помощи накидной гайки 7. Резак состоит из корпуса 4, головки 3, внутреннего 2 и наружного 1 муфдштуков, инжектора 5, вентили 6 режущего кислород и соединительных трубок.

Кислород, который подводится к резаку, распределяется на два потока. Один из потоков направляется к инжектору и подсаживает ацетилен для образования горючей смеси подопревающего пламени. Другой поток через вентиль 6 поступает в канал режущего кислорода.

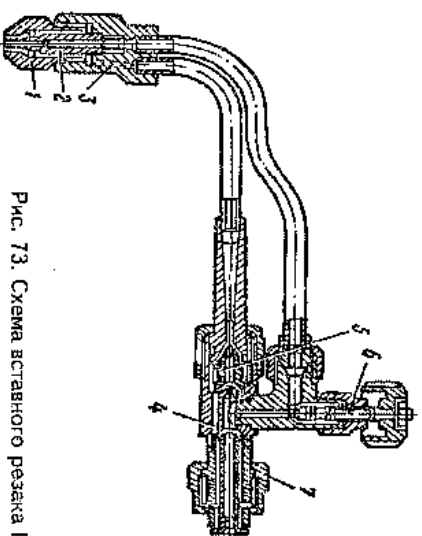


Рис. 73. Схема вставного резакв РС-70

Промышленность выпускает различные марки вставных резакв (РС-70, РГМ-70, РАВ-2, РАВ-3 и т. д.), в том числе для выполнения специальных работ: РАО-70 (к горелкам ГС-3 и «Звезда» для вырезки в листовом металле отверстий диаметром от 25 до 100 мм; РАГ-70 (к тем же горелкам) для резки труб диаметров от 45 мм с толщиной стенок от 3 до 20 мм; РАВ-70 — для срезаания головок заклепок диаметром до 70 мм.

§ 61. Специальные резаки

Резаки для поверхностной резки

Резаки для поверхностной резки предназначены для снятия металла с поверхности на некоторую глубину. Если резак наклонен под очень малым углом к поверхности металла, нагретый на поверхности металл сторавет в струе кислорода с образованием канавки овального сечения (рис. 74).

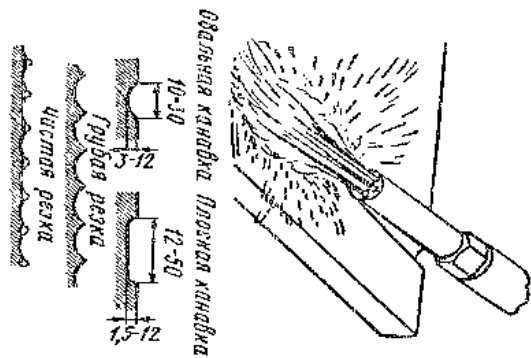


Рис. 74. Схема поверхности кислородной резки и формы выплавляемых канавок

Резаки для резки «смыв»-процессом

На рис. 75 приведена схема резака для резки «смыв»-процессом. Сечение резака предназначено для получения трех струй режущего кислорода — основной, выходящей из канала 3, и двух вспомогательных, выходящих из каналов 4. Основная струя разрезает металл, а вспомогательные как бы «смыывают» бороздки, находящиеся еще в нагретом состоянии. При этом получается нечто вроде шлифования поверхности реза.

Щероховатость обрабатываемой трехструйным резаком поверхности соответствует пятому классу. Кроме высокого качества поверхности, такой резак дает повышенную про-

Поверхностная резка при-

меняется для выполнения различных работ, например, для удаления трещин и других дефектов сварных швов.

Резак для ручной поверхностной резки марки РАП-62 образует канавки шириной от 6 до 20 мм, глубиной 2—6 мм со скоростью от 1 до 6 пог.м/мин. Резаки РПК-2 (для коксового газа) и РПА-2 (для ацетиленового) применяются для удаления пороков стального литья и черного проката, для вырезки дефектов сварных швов и некоторых других целей. Эти резаки отличаются большой длиной — 1350 мм.

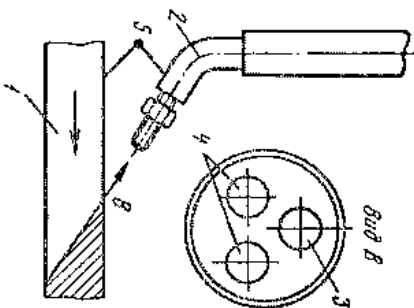


Рис. 75. Схема резки «смыв»-процессом:

- 1 — разрезаемый металл,
- 2 — положение резака при резке,
- 3 — канал основной (режущей) струи кислорода, 4 — каналы для шлифующих (смывающих) струй кислорода,
- 5 — плавающее устройство

резаки имеют на наружной поверхности зубчатую рейку для перемещения по вертикали в суппорте газорезательной машины. Таким образом, резаки устанавливаются на определенном расстоянии от поверхности разрезаемого металла.

§ 62. Керосинорезы

Керосинорезами называются устройства для резки, в которых для подогревающего пламени используется парф керосина.

Изводительность резки (в 1,5—2 раза по сравнению с обычной). Расход кислорода при этом, конечно, тоже повышается.

Машинные резаки

Резаки для газорезательных машин имеют такой же принцип действия, что и ручные резаки. Конструкция и тип резака определяются типом машин, для которой он предназначен. В газорезательных машинах применяются как инжекторные, так и безинжекторные резаки, которые работают на различных горючих смесях (ацетилене, его замещающих и расплавленном керосине).

Как правило, машинные резаки имеют на наружной поверхности зубчатую рейку для перемещения по вертикали в суппорте газорезательной машины. Таким образом, резаки устанавливаются на определенном расстоянии от поверхности разрезаемого металла.

Существуют керосинорезы двух типов — с испарением керосина и с распылением.

Керосинорезы, работающие по принципу распыления, имеют распылительное устройство, где жидкое горючее распыляется, а затем, поступая в мундштук, испаряется.

Керосинорезы, работающие по принципу испарения, имеют специальную испарительную камеру с асбестовой набивкой, которая подогревается дополнительным пламенем и где поступающий керосин испаряется.

На рис. 76 показан общий вид керосинореза, на рис. 77 — схема устройства резака, на рис. 78 — схема устройства бачка для керосина.

Керосинорез состоит из двух основных частей: резака и бачка для горючего. Бачок предназначен для подачи горючего под давлением в резак или горелку. Наиболее широко применяются бачки БГ-63 и БГ-68 емкостью 6,3

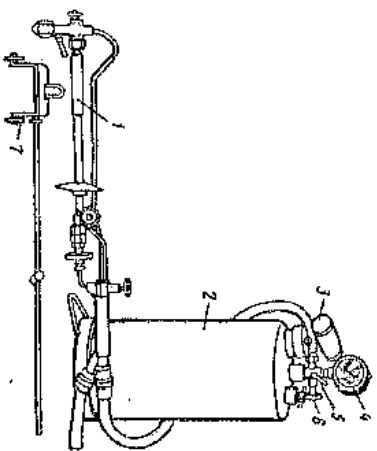


Рис. 76. Керосинорез с бачком:

1 — резак, 2 — бачок, 3 — воздушный насос, 4 — манометр, 5 — шланговый ниппель, 6 — запорный вентиль, 7 — тележка

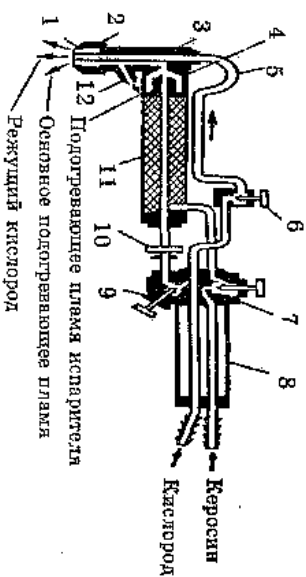


Рис. 77. Схема работы керосинореза

и 7,5 дм³. Бачки снабжаются ручным воздушным насосом, манометром и запорным вентилям.

Бачок для жидкого горючего представляет собой цилиндрический сварной сосуд со сферической крышкой и сферическим днищем. Бачок БГ-68 состоит из корпуса 5, штулера для заливки горючего 8, слуховой пробки, воздушного насоса 1, дужки 3, кольца 6, запорного вентиля 4. Для соединения шланга, по которому горючее подается в резак, служит штуцер 7.

По мере отбора горючего, давление в бачке будет падать, поэтому необходимо периодически подкачивать воздух (для чего и служит воздушный насос).

Бачок устанавливается исключительно в вертикальном положении и устанавливается не ближе 5 м от кислородного баллона и не далее 3 м от рабочего места резчика (сварщика).

Сам керосинорез (резак) работает следующим образом. Керосин из бачка через ниппель, трубку 8 и вентиль 7 поступает в испаритель 11. Кислород, пройдя вентиль 9 и инжектор 4, поступает в головку резака 3. Здесь кислород, смешиваясь с парами керосина, образует горючую

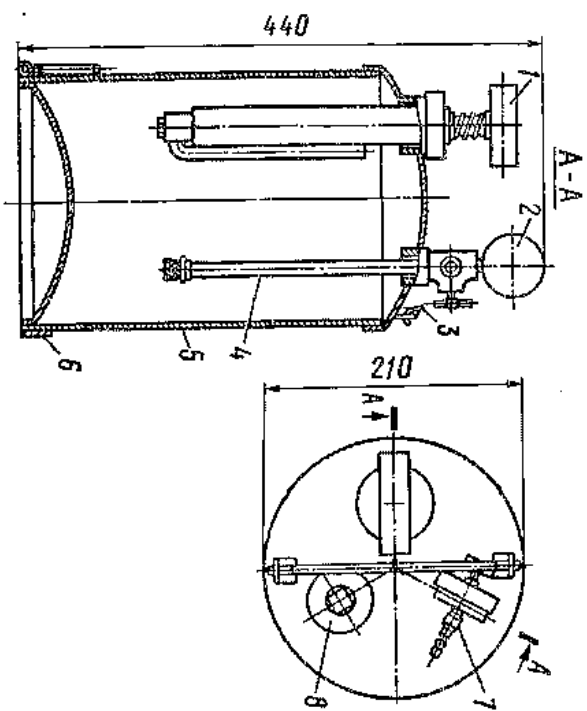


Рис. 78. Бачок для жидкого горючего:
 1 — воздушный насос, 2 — манометр, 3 — дужка, 4 — запорный вентиль,
 5 — корпус, 6 — кольцо, 7 — штуцер для присоединения шланга,
 8 — штуцер для заливки горючего

смесь. Головка резака 3 имеет вспомогательный муфштук 12, с помощью которого нагревается испаритель 11. Режущий кислород, проходя через вентиль 6 по трубе 5, подается в центральный канал муфштука 1. Подопревающее пламя выходит наружу через кольцевой зазор между муфштуками 1 и 2 и может регулироваться с помощью вентилей 9 и маховичком 10. Маховичком 10 изменяют положение инжектора в смесительной камере. Сменными муфштуками можно регулировать расход кислорода, керосина, а также скорость режки (табл. 24).

Таблица 24
 Технические характеристики керосиновреза

Показатели	Толщина разрезаемого металла, мм			
	До 20	20-50	50-100	100-200
Номер внутреннего муфштука	1	2	3	4
Давление, кгс/см ² : кислорода керосина (в бачке)	4-5 1,5-3,0	5-7 1,5-3,0	7-9 1,5-3,0	9-11 1,5-3,0
Расход: кислорода, м ³ /ч керосина, кг/ч	5,4-7,6 0,7-0,8	7,6-9,8 0,8-0,9	9,8-20,2 0,9-1,0	20,2-32,6 1,1-1,3
Расход (удельный): кислорода, лм ³ /пог.м керосина, г/пог.м	134-423 25-53	423-1090 53-100	1000-3360 100-180	3360-7230 180-290
Скорость режки, мм/мин	450-300	300-150	150-100	100-75

§ 63. Правила обращения с резаками

Прежде чем начать работу, необходимо внимательно ознакомиться с инструкцией по эксплуатации резака, а также убедиться в его исправности.

Перед работой проверяют правильность подсоединения шлангов к резаку (кислородный шланг должен подсоединяться к штуцеру с правой резьбой, шланг для горючего газа — к штуцеру с левой резьбой), инжекцию в каналах горючего газа и герметичность всех соединений.

В случае необходимости резьбовые соединения подтачивают. Резиновые сальниковые уплотнения вентилей смазывают глицерином или специальной смазкой ПИАТИМ-221.

Рабочие давления кислорода и ацетилена устанавливаются в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

Резак зажимается в следующем порядке. Открывают на четверть оборота вентиль подачи кислорода и создают разрежение в газовых каналах. После этого открывают вентиль подачи газа и зажигают горючую смесь. Затем подогревающую пламя регулируют газовым и кислородным вентилями.

Резку ведут так. Металл прогревается пламенем до соломennого цвета, после чего открывают вентиль режущего кислорода и производят резку.

В процессе резки из-за нагревания мундштука необходимо регулировать подогревающую пламя, доводя его до нормального. Если мундштук нагревается очень сильно, его охлаждают водой. При этом, чтобы вода не попала в каналы резака, закрывают только газовый вентиль, а кислородный оставляют открытым.

Если необходимо погасить пламя, то сначала перекрывают вентиль торючего газа, а затем уже кислородный вентиль.

Если каналы мундштуков засоряются, их прочищают медной или алюминиевой иглой.

§ 64. Машины для кислородной резки

Машины для кислородной резки подразделяют на два основных типа: переносные и стационарные.

Переносные газорезательные машины представляют собой самоходные тележки, оснащенные одним или несколькими резаками. В качестве привода служат электрические двигатели, пружинные механизмы и газовые турбины. Машины устанавливаются на разрезаемый лист или

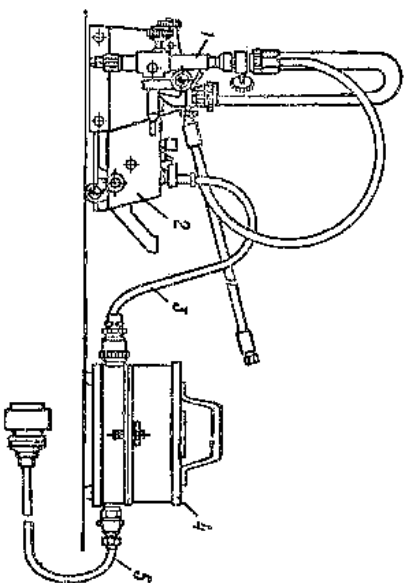


Рис. 79. Переносная машина для кислородной резки «Микрон-2»

трубу и направляются по разметке с помощью специальных устройств (направляющий рельс, циркулярное устройство, копир и т. д.).

Переносные машины, в свою очередь, подразделяются на три подтипа:

- легкие, массой до 15 кг, оснащаемые одним резаком;
- средние, массой до 20 кг, оснащаемые одним или двумя резаками;
- тяжелые, массой до 50 кг, оснащаемые трехрезовыми блоками или штанговыми суппортами для много-резаковой резки.

Тяжелые машины применяются только для прямолинейной резки.

Переносная газорезательная машина «Микрон-2» (рис. 79) предназначена для механизированной кислородной резки стальных листов толщиной от 5 до 100 мм одним или двумя резаками, вырезки деталей с радиусом большой кривизны.

Машина состоит из двух основных блоков — самоходной тележки 2 и блока электропитания 4, соединенных гибким кабелем 5. Кабель 5 служит для подключения к электросети.

На машине устанавливаются два малогабаритных резака 1 инжекторного типа. Для вырезки фланцев и дисков машина комплектуется циркулярным устройством. Рабочее давление кислорода — до 0,8 МПа, ацетилена — 0,01–0,1 МПа. Блок питания подключается к сети с напряжением 220 В, сама машина работает от напряжения 24 В. Вес машины (вместе с блоком питания) — около 21 кг, габариты — 400×220–236 мм.

Переносная газорезательная машина МПГ-2 для кислородно-ацетиленовой резки (рис. 80) применяется в заводских цехах, на специально-монтажных площадках.

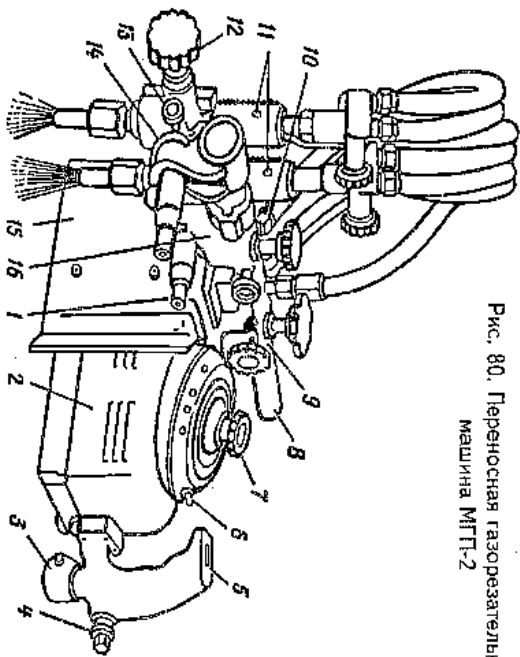


Рис. 80. Переносная газорезательная машина МПГ-2

Машина может резать листовую металл толщиной от 5 до 300 мм, делать U-образный скос кромок под сварку, вырезать фланцы и т. д. Машина оснащается двумя резаками, но может работать и с одним.

Машина МПГ-2 включает в себя следующие основные части:

- ведущий механизм 1;
- неподвижная державка 14 и подвижная державка 16, которая перемещается по штанге 8;
- газовый коллектор 10;
- газовые резак 11;
- электроочасть 2;
- рукоятка 5 (служит для переноса машины и направления при резке вручную);
- опорный ролик 3;
- разъем 4 (для подключения электропитающего кабеля);
- тумблер включения 6;
- потенциометр 7 для плавного регулирования скорости перемещения тележки;

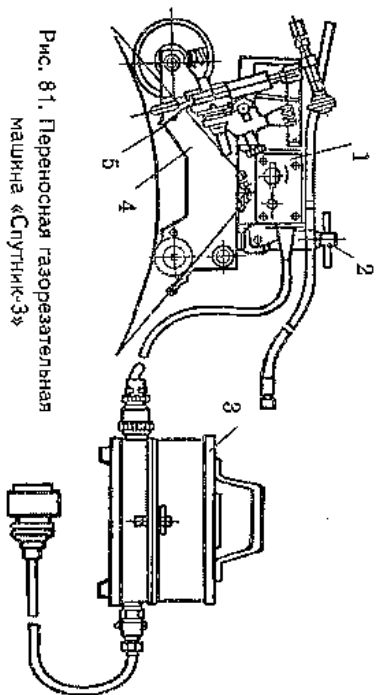


Рис. 81. Переносная газорезательная машина «Спутник-3»

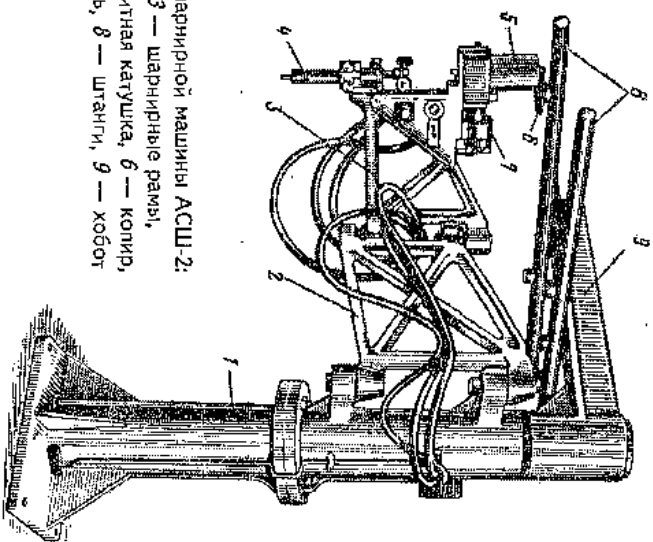


Рис. 82. Общий вид шарфрной машины АСУ-2:

1 — колонка, 2, 3 — шарфрные рамы,
4 — резак, 5 — магнитная катушка, 6 — копир,
7 — электродвигатель, 8 — штанги, 9 — хобот

— маховичок 12 для установки резакoв по высоте и фиксирующая гайка 13;
— шток 15 для защиты от нагрева и брызг расплавленного металла;
— штанга 9.

В машине имеются две ступени плавной регулировки скорости: 1,5–6,3 мм/сек и 5,3–25 мм/сек.

На рис. 81 показан общий вид переносной газорезательной машины «Спутник-3», предназначенной для кислородной резки стальных труб диаметром от 194 до 1620 мм с повышенной точностью. Машина способна выполнять рез со скосом и без скоса кромок.

«Спутник-3» состоит из ходовой части и блока электропитания 3. Основные элементы ходовой части — ведущий механизм 1, тележка 4, натяжное устройство 2 и державка для резака 5. Тележка имеет три ролика — один большого диаметра на передней оси и два малых на задней.

Машина перемещается по трубе с помощью цепного механизма, представляющего собой закрепляемую на трубе цепь и входящую с ней в зацепление звездочку.

Масса ходовой части машины составляет 20,8 кг, блока питания — 5,7 кг. Габариты ходовой части — 420×470×315 мм.

Газорезательные машины стационарного типа предназначены для использования в условиях массового производства. Выпускаются машины для выполнения различных операций: раскрой листов, точной резки, вырезки прямоугольных и фигурных деталей.

Машины могут иметь от 2 до 12 рукавов для одновременного вырезания нескольких деталей или раскрой листа на несколько полос.

Для управления резаками в машинах используются различные способы:

- механическое копирование;
- электромагнитное;
- фотоэлектронное копирование;
- устройство с программным управлением.

При механическом копировании резаки повторяют движение острого указательного стержня, который перемещается по копиру (шаблону). В электромагнитном способе управления используется намагниченный стержень, который притягивается к кромке стального копира. При фотоэлектронном копировании фотоэлектродная головка считывает данные с чертежа. В программном управле-

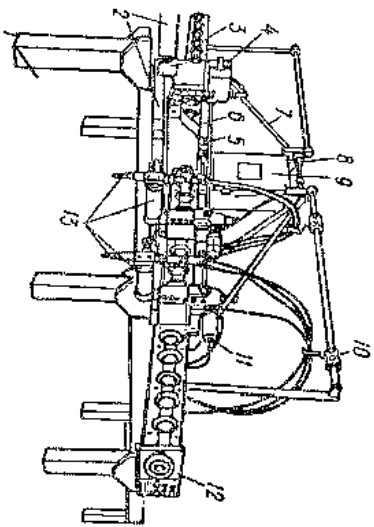


Рис. 83. Стационарная машина для резки СГУ-61:
 1 — опоры, 2 — рельсовые пути, 3 — направляющая поперечного хода, 4 — ведущий механизм с магнитной головкой, 5 — штанга, связывающая ведущий механизм с каретками суппортов, 6 — передняя каретка продольного хода, 7 — ферма, 8 — верхняя винтовая стяжка, 9 — релейный блок, 10 — каретка для поддержки штангов и кабелей, 11 — двигатель подъема резаков, 12 — пульт управления, 13 — суппорты с резаками

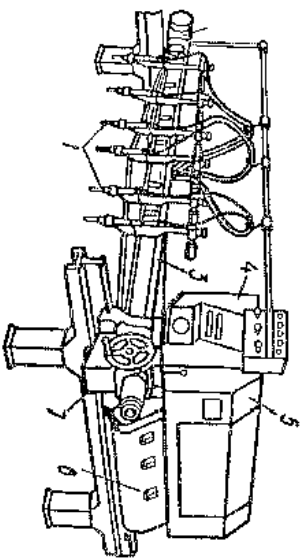


Рис. 84. Стационарная машина для резки «Одесса»:
 1 — резаки, 2 — привод поперечного хода, 3 — направляющая поперечного хода, 4 — пульт управления, 5 — задающая часть машины с фотокопировальным устройством, 6 — пульт управления фотокопировального устройства, 7 — привод продольного хода

нии все детали на технологических операциях и контурах деталей записываются на перфоленту.

Широкое распространение имеет шарнирная газорезательная машина АСП-2 (рис. 82). Эта машина предназначена для вырезки деталей по контуру 6 методом копирования контура реза магнитным роликом.

Шарнирная машина АСП-2 состоит из следующих основных частей. На колонке 1, служащей основным несущим элементом, укреплены шарнирные рамы 2 и 3. На раме 3 устанавливается электродвигатель 7 и ведущая головка с магнитной катушкой 5. Внутри катушки имеется камагнитный стальной палец, который обкатывается контур шаблона 6. В нижней части рамы 3 устанавливается резак 4, который точно повторяет движения магнитного пальца. При этом ось резака совпадает с осью магнитного пальца, что обеспечивает высокую точность копирования.

Машина АСП-2 способна вырезать детали размерами 750—1500 мм любой формы из листа толщиной до 100 мм. Машина марки АСП-70 отличается от машины АСП-2 возможностью вырезать одновременно три заготовки.

Газорезательная машина СГУ-61 (рис. 83) может вырезать заготовки из больших листов (размерами до 6000×2000 мм) и толщиной 5—100 мм. Резка может выполняться с односторонним скосом кромок. Количество резаков — до 7. При работе одним резаком можно вырезать детали толщиной до 300 мм.

Управление резаками осуществляется либо металлическим копированием по чертежу, либо с помощью магнитной головки по контуру.

Газорезательная машина марки «Одесса» (рис. 84) отличается к машине портального типа. Оснащается шестью резаками и может одновременно вырезать до шести

фигурных заготовок. Машина также применяется для раскроя листов на полосы с односторонним или двусторонним скосом кромок.

Размеры разрезаемых листов до 9000×8000 мм, толщина — до 160 мм (до 300 мм при работе одним резаком).

Управление резаками осуществляется фотокопировальным масштабным устройством (то есть копирование может быть с увеличенным размером, нанесенных на чертёж).

Вопросы для самопроверки

1. Как классифицируются резаки?
2. В чем отличие между универсальным и стандартным резаком?
3. Что такое керосинокорез?
4. Какие виды газорезательных машин вы знаете?

Глава 13. КИСЛОРОДНАЯ РЕЗКА МЕТАЛЛОВ

§ 65. Классификация процессов резки

Термической резкой называется процесс отделения частей металла от сурового и листового с помощью термических процессов. Резка может осуществляться методом окисления (или горения), методом плавления, а также сочетанием обоих методов.

Суть метода резки окислением заключается в нагреве места резки до температуры горения (воспламенения) металла, створании подогретого металла в кислороде и удалении продуктов горения из области реза газовой струей.

Суть метода резки плавлением заключается в нагреве области резки сильным концентрированным источником тепла до температуры выше температуры плавления металла и выдувания расплавленного металла из области реза дугой и газами, которые участвуют в процессе резки.

К основным способам термической резки окислением относятся:

- кислородная;
- кислородно-флюсовая;
- кислородно-дуговая.

Основные виды термической резки плавлением следующие:

- плазменно-дуговая;
- газодуговая;
- газодуговая.

Для обработки различных немагнитических материалов, таких как, например, минералы и железобетон, применяют резку кислородным копьем и реактивной струей.

Термическую резку классифицируют по различным признакам. Например, по характеру и форме различают резку поверхностную и раздельительную, по шероховатости поверхности реза — на заготовительную и чистовую.

§ 66. Условия резки металлов окислением (горением)

Не все металлы и сплавы могут разрезаться методом окисления (горения). Окислительная резка требует соблюдения следующих основных условий:

А. Температура воспламенения металла (то есть температура начала горения) должна быть ниже температуры его плавления. При выполнении этого условия металл горит

в твердом состоянии. Тогда поверхность реза получается гладкой, верхние края края кромок реза не будут подплавлены, продукты горения легко удаляются из области реза кислородной струей, форма реза будет оставаться постоянной.

Такому условию, например, удовлетворяют железо и углеродистые стали. Железо горит в кислороде при температуре от 1050 до 1360 °С в зависимости от его состава (прокат и т. п.). Тонкое листовое железо загорается при еще более низкой температуре — 930 °С. Температуры же плавления железа — 1539 °С.

Резке окислением не поддаются алюминий и его сплавы. Температура воспламенения алюминия равна 900 °С, а температура плавления — 660 °С. Следовательно, алюминий способен гореть только в жидком состоянии, поэтому получить постоянную форму реза невозможно.

Б. Температура плавления окислов и шлаков, которые образуются при резке, должна быть ниже температуры плавления металла. Тогда они становятся жидкотекучими и сравнительно легко удаляются из области реза кислородной струей.

При окислении железа в процессе резки образуются окислы вида FeO и Fe_2O_3 , имеющие температуры плавления 1350 и 1400 °С соответственно, т. е. температура плавления этих окислов ниже температуры плавления железа. Поэтому низкоуглеродистые стали поддаются резке горением (окислением).

Стали, которые содержат более чем 0,65% углерода, имеют температуру плавления ниже, чем температура плавления окислов железа, поэтому их резка в обычных условиях затруднена.

Некоторые металлы, такие как алюминий, никель, хром, образуют окислы с высокими температурами плавления.

ления. Например, окислы алюминия имеют температуру плавления 2050 °С, окислы хрома — около 2270 °С, никель — 1985 °С, медь — 1230 °С. Эти окислы при резке хромоникелевых, хромистых сталей, сплавов меди, чугунов являются более тугоплавкими по сравнению с разрезаемым металлом. Поэтому при обычной кислородной резке они не могут быть удалены из области реза, так как закрывают разрезаемый металл от струи кислорода и резка становится невозможной.

В. Разрезаемый металл должен обладать небольшой теплопроводностью, чтобы не было значительного отвода от области резки. В противном случае процесс резки прерывается.

Алюминий, медь, а также их сплавы имеют высокую теплопроводность, поэтому практически не удаётся сконцентрировать тепло при нагреве этих металлов до температуры воспламенения. В результате эти металлы не поддаются обычной кислородной резке.

§ 67. Факторы, влияющие на процесс кислородной резки

Температура воспламенения стали в кислороде зависит от самых различных факторов: содержания в стали углерода, содержания других химических элементов, состояния поверхности стали (шероховатость и др.), скорости и давления кислородной струи и т. д.

Чистое железо в виде куска имеет температуру воспламенения в кислороде 1050 °С, а температуру плавления в том же виде — 1539 °С. При содержании в стали около 0,7% углерода температура ее воспламенения повышается до 1300 °С и приближается к температуре плавления

Таблица 25

Классификация углеродистых и низколегированных сталей по разрезаемости их кислородом

Группа по размеру-емкости	Наименование сталей	Содержание углерода, %	Условия резки
1-я	Углеродистые стали. Низколегированные стали: 20-25; МСт 1-МСт 4; 20Г, 10Г2; 15М; 15НМ 30-35	Менее 0,3	Разрезаются в любых прокатовых условиях без ограничений по толщине и температуре воздуха. Не требуют термообработки
2-я	Углеродистые и низколегированные стали 30Г-40Г; 15Х; 20Х; 20ХФ и т.п.	Менее 0,5	Режутся удовлетворительно с ограничением: зимой (при температуре не ниже -5°С), а при резке металла большей толщиной (свыше 100 мм) требуется подогрев по линии реза до температуры не менее 120°С
3-я	Углеродистые и низколегированные стали 50-60; 50Г-70Г; 1 2 М - 3 5 Х М; 18Х1М; 20Х1С и др.	Менее 0,8	Режутся ограниченно, склонны к образованию трещин и закалочных структур. Резку ведут в горячем виде (при температуре 200-300°С по линии реза)
4-я	Углеродистые и низколегированные стали 25Х1С-50Х1С; 40Х1М; 50Х1А; 33ХС-40ХС и др.	Больше 0,8	Режутся плохо, склонны к образованию трещин. Требуется подогрев до 300-450°С и замедленное охлаждение после выполнения реза

этой стали. Ясно, что в этом случае процесс резки затрудняется.

Рыхлость и шероховатость поверхности стали облегчают процесс резки: рыхлость понижает температуру воспламенения, шероховатость облегчает его. Например, если прокатное железо воспламеняется при температуре 1050°С, то железный порошок начинает гореть в кислородной среде уже при 315°С.

Повышение давления и скорости кислородного потока также способствует понижению температуры воспламенения. При скорости кислородного потока 180 м/с и давлении 25 кг/см² температура воспламенения исчезает родистой стали тонкается до 700-750°С.

При кислородной резке, так же как и при сварке, вблизи области реза образуется зона термического влияния, что может приводить к образованию трещин и закалочных структур.

Свойство стали разрезаться кислородом, без образования закалочных структур, называется **разрезаемостью**. В зависимости от способности стали разрезаться их разделяют на четыре группы (табл. 25):

- первая — хорошо разрезающиеся стали;
- вторая — разрезающиеся удовлетворительно;
- третья — разрезающиеся ограниченно;
- четвертая — плохо разрезающиеся стали.

§ 68. Режимы резки

К основным показателям режима резки относятся давление режущего кислорода и скорость резки. Оба эти показателя зависят от химического состава стали, толщины разрезаемого металла, чистоты кислорода и конструкции кислородного резака.

Режимы машинной кислородной резки

Показатели	Толщина разрезаемого металла, мм							
	5	10	20	30	60	100	150	200
Номер мундштука	1	1	2	3	4	4	5	6
Давление кислорода, кгс/см ²	3,5	4,5	4,5	4,5	6,0	10,5	10,5	10,5
Работа одним резаком: скорость резки, мм/мин	590-640	480-520	390-420	350-380	300-330	240-260	210-230	200-210
расход кислорода, дм ³ /м	65	95	160	250	560	1180	2250	3920
расход ацетилена, дм ³ /м	12	15	23	27	42	62	95	125
Работа двумя резаками: скорость резки, мм/мин	400-500	320-340	260-330	230-290	190-240	160-200	-	-
расход кислорода, дм ³ /м	-	215	255	565	1260	2700	-	-
расход ацетилена, дм ³ /м	-	35	50	60	95	140	-	-

Для резки большое значение имеет давление режущего кислорода. При слишком большом давлении кислорода рез получается недостаточно чистым, а расход его возрастает. Недостаточное давление приводит к тому, что кислородная струя не может выдуть шлаки из области реза и металл не прорезается на всю толщину.

Определенную роль играет также чистота кислорода. Уменьшение чистоты кислорода всего на 1% снижает скорость резки в среднем на 20%. Применять кислород чистотой ниже 95% невыгодно из-за снижения качества и скорости резки. Подсчитано, что наиболее целесообразно и экономично применение кислорода чистотой 99,6% и выше (особенно для машинной кислородной резки).

На скорость резки влияют также некоторые другие факторы, например, вид резки (разделочная, затовительная с припуском под механическую обработку, затовительная под сварку, чистовая резка), форма линии реза (прямолинейная или фигурная) и т. п.

Таблица 27
Поправочные коэффициенты
для различной чистоты кислорода

Чистота кислорода, %	99,2	99,0	98,8
Поправочные коэффициенты:			
расхода ацетилена	1,05	1,12	1,15
расхода кислорода	1,10	1,15	1,18
скорости резки	0,94	0,90	0,88

В табл. 26 даны режимы для машинной резки деталей с прямолинейными кромками под сварку (без последующей механической обработки). При заготовительной резке скорость принимается на 10–20% больше, чем указанная в таблице. В случае фигурной резки скорость выбирается в пределах, которые указаны для резки двумя резанками. Кроме того, данные в таблице приводятся для чистоты кислорода, равной 99,5%. В случае меньшей чистоты кислорода можно внести поправки, используя данные другой таблицы — табл. 27.

Скорость ручной резки определяется по формуле:

$$V = \frac{40000}{50 + S} \quad (\text{мм/мин}),$$

где V — скорость резки,

S — толщина разрезаемой стали, мм.

Если скорость выбирается слишком малой, происходит оплавление кромок; если же скорость чересчур велика, будут образовываться непрорезанные участки из-за отставания кислородной струи, т. е. непрерывность сварки нарушается.

§ 69. Техника и приемы ручной кислородной резки

Резка начинается либо у какой-нибудь кромки изделия, либо (при вырезке внутренних частей) с отверстия, которое предварительно просверливается в металле. Тонкий металл, толщиной менее 10 мм, пробивают при помощи резака.

При резке внутри контура изделия начало резки должно находиться на прямой (рис. 85), что обеспечит получение

ние чистого реза на закруглениях (контур № 1). В контуре № 2 рез можно начинать в любом месте, кроме углов.

При вырезке фланцев вначале вырезают внутреннюю часть 1, а затем уже вырезается внешний контур 2. Место начала реза внешнего контура выбирается с таким расчетом, чтобы металл, идущий в отходы, легко отделялся.

Наружный контур 4 вырезается в самую последнюю очередь. Таким образом обеспечивается вырезка деталей с наименьшими отклонениями от размерных контуров. Внутренние напряжения, которые имеются в прокатном листе, искажают контуры реза. Резка по внутреннему контуру устраняет эти искажения.

При кислородной резке со скосом кромки (рис. 86) поверхности реза получают различный по качеству. Поверхность «*b*» всегда выходит лучше, чем поверхность «*a*». Это связано с тем, что острый угол, прилегающий к поверхности «*a*», оплавляется сильнее из-за большей концентрации там части подогретого пламени. Тупой угол этой поверхности (нижняя кромка) также оплачивается. Поэтому резка выполняется таким образом, чтобы в качестве готовой использовалась обрезанная часть с поверхностью «*b*».

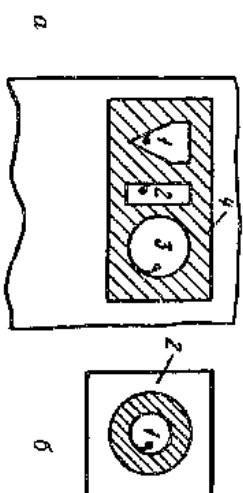


Рис. 85. Приемы резки внутри контура изделия:
а — начало резки, б — вырезка фланцев;
1, 2, 3, 4 — последовательность реза

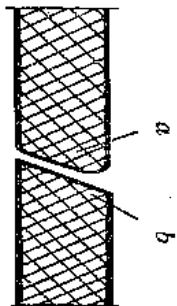


Рис. 86. Вид поверхностей (а, б) наклонного реза

При ручной кислородной резке используют различные приспособления: направляющие линейки, циркулярные приспособления, опорные тележки и т. д. (рис. 87).

Кислородная резка применяется не только для обработки листового металла, но и для получения заготовок из труб и профильного проката.

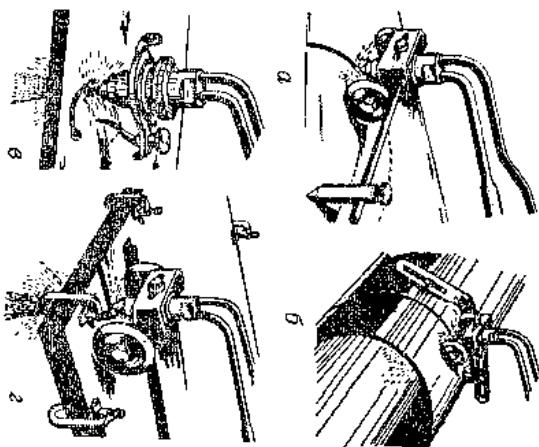


Рис. 87. Приспособления к резаку:
а — для вырезки фланцев, б — для вырезки отверстий,
в — для резки труб, г — для пакетной резки

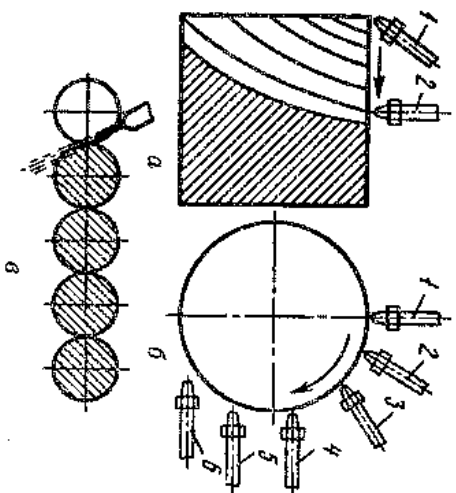


Рис. 88. Приемы резки прутков различного профиля:
а — квадратного, б — круглого,
в — безостановочная резка нескольких прутков;
1—6 — последовательность резки

На рисунке 88 (а, б, в) показаны последовательности резки некоторых видов профильного проката.

При резке уголка прорезается сначала одна его полка, затем резак разворачивают, устанавливая перпендикулярно второй полке и довершают резку.

При разрезании двутавровой балки в момент подхода резака к вертикальной стойке скорость резки необходимо уменьшить, чтобы стойка была прорезана полностью.

При резке швеллера допускается располагать резак как с наружной поверхности швеллера, так и с внутренней.

Заготовки из стали квадратного сечения начинают резать с угла (резак под наклоном) (рис. 88). После воспламенения металла головка резака переводится в вертикальное положение и начинается резка. В конце резки, чтобы

прорезать нижний угол, головку резака наклоняют на 5–10° в сторону, противоположную направлению резки.

Для повышения производительности резки применяют различные приемы. На рис. 88, в показана схема безостановочного процесса резки круглых прутков (при переходе на каждый последующий пруток резак должен наклоняться в сторону, противоположную направлению резки).

При заготовливании большого количества одинаковых заготовок применяют пакетную резку, т. е. несколько листов собираются в пакет, стигиваются струбцинами и разрезаются вместе. Пакетную резку можно применять для углеродистых сталей с содержанием углерода до 0,4% и низколегированной стали (до 0,25% углерода). В табл. 28 приводятся режимы пакетной резки.

Резку труб, особенно в монтажных условиях, приходится выполнять в различных пространственных положениях. При этом качество резки также получается различным. Поэтому, если имеется такая возможность, для

Режимы резки листов в пакетах

Таблица 28

Толщина листов, мм	Число листов в пакете, шт.	Давление режущего кислорода, кгс/см ²	Скорость резки, мм/мин
4	15	1,0–1,1	20
6	12	1,1–1,2	180
10	8	1,2–1,4	165
12	6	1,2–1,4	180
16	6	1,2–1,4	165
20	4	1,2–1,4	165
24	3	1,2–1,4	180
30	3	1,3–1,5	160
60	2	1,4–1,7	150

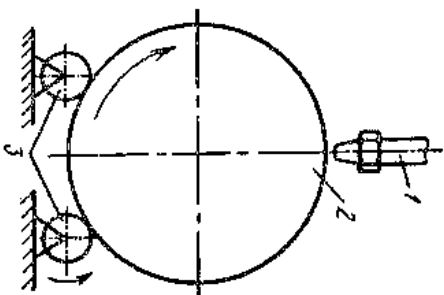


Рис. 89. Схема роликового стенда для резки труб:
1 — резак, 2 — труба,
3 — опорные ролики

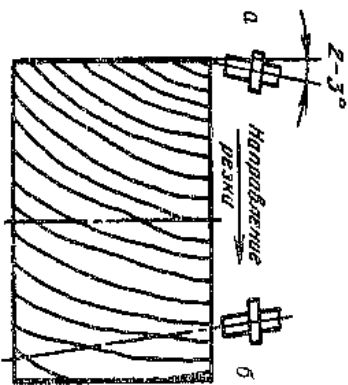


Рис. 90. Положения мундштука при резке стали большой толщины:
а — в начале резки,
б — в конце резки

резки труб применяются специальные роликовые стенды (рис. 89) с приводными или неподвижными роликами.

Резка стали большой толщины (свыше 300 мм) выполняется специальными резаками на пониженном давлении кислорода. В начале резки резак должен устанавливаться с небольшим (2–3°) наклоном (рис. 90). В конце резки резак слегка наклоняется в сторону, обратную направлению резки, чтобы обеспечить прорезание сначала нижней части заготовки. Для увеличения длины пласта резающего пламени его регулируют с некоторым избытком азетигена.

В табл. 29 приведены режимы резки стали большой толщины.

Таблица 29

Режимы кислородной резки стали большой толщины

Толщина разрезаемой стали, мм	Диаметр выходного канала сопла режущего кислорода, мм	Давление кислорода перед реза- ком, кгс/см ²	Расход, м ³ /ч		Скорость резки, мм/мин	Расстояние от конца муф- ты до поверхности металла, мм
			кислорода	ацетилен		
20	5	0,6-0,8	35	3	140-180	15-20
300	6	1,2-1,6	45	4	120-150	20-30
400	7	1,2-1,7	60	5	100-130	25-40
50	9	1,2-1,6	80	6	90-110	30-50
600	8	1,6-2,2	100	7	60-80	35-60
700	9	1,5-2,1	130	8	50-65	40-65
800	9	1,9-2,5	260	9	50-60	45-70
1000	12-14	2,0-2,5	300	11	40-50	50-75

§ 70. Техника машинной кислородной резки

Наибольшей точности и наилучшего количества поперечности реза можно достигнуть в случае, если поверхность разрезаемого металла будет чистой и горизонтальной. Поэтому стальные листы перед резкой необходимо очистить и выправить.

Обычно правку выполняют механическим способом (прокаткой, растяжением и т. д. на специальных машинах). Проверку направления листов ведут, измеряя стрелу прогиба при помощи стальной рейки. Если лист неровный, в местах прогиба между рейкой и листом будет просвет. Стрела проката не должна быть больше, чем 3 мм на 1 метр длины.

Ржавчину, окалину и другие загрязнения удаляют с помощью нагрева, механической и химической очистки. Наиболее простой способ — нагрев металла многопламенной горелкой или подогревающим пламенем резака с последующей зачисткой поверхности металлической щеткой. Химическая очистка может производиться травлением раствором серной или соляной кислоты с последующей промывкой холодной водой.

Подготовка газорезательной машины к резке включает следующие основные операции:

- проверка машины внешним осмотром и туском на холостом ходу;
- укладка листа;
- установка резака на нужной высоте от поверхности листа и в нужном положении;
- прогрев электронной части машины в течение 10 минут;

- установка копира и т. п. устройств;
- регулирование давления кислорода (подогревающеего и режущего пламени) в соответствии с необходимым режимом резки;
- установка скорости резки согласно толщине разрезаемого металла.

После выполнения всех подготовительных операций приступают к резке. Резак с зажженным пламенем устанавливается над местом начала реза. Дождавшись, когда подогревающее пламя нагреет поверхность металла (это занимает от 5 до 35 секунд при толщине листа от 5 до 100 мм) до температуры начала горения, включают подачу режущего кислорода. Затем, после прорезания металла на всю толщину, включают электродвигатель перемещения резака.

Когда резак приближается к краю листа, резак необходимо задержать на несколько секунд, поскольку из-за отставания струи режущего кислорода нижний угол листа может быть не прорезан.

Разделительная резка по внутреннему контуру начинается с пробивки отверстия. Машинным резакom пробиваются отверстия в листах толщиной до 100 мм. Делается это так. Сначала разогревают место пробивки подогревающим пламенем (до температуры воспламенения). Затем, постепенно открывая вентиль режущего кислорода, одновременно пускают резак. После этого медленно увеличивают давление кислорода до оптимального значения.

Пробивку отверстий необходимо проводить вне контура вырезаемой детали. Минимальное расстояние от места пробивки до контура детали устанавливается в пределах от 6 до 45 мм в зависимости от толщины разрезаемого металла.

Вопросы для самопроверки

1. Какие виды термической резки металлов вы знаете?
2. Чем отличается поверхностная резка от разделительной?
3. Назовите основные условия резки горением.
4. Как стали подразделяются по разрезаемости?
5. Каковы основные показатели режима резки?

ГЛАВА 14. ДУГОВАЯ РЕЗКА МЕТАЛЛОВ

§ 71. Дуговая резка металлов электродами

Дуговая резка металлов может выполняться металлургическим плавящимся электродом, угольным электродом и неплавящимся вольфрамовым электродом.

Дуговая резка металлургическим электродом

Данный способ резки заключается в том, что сила тока устанавливается на 30–70% больше, чем при сварке; в результате чего металл проплачивается мощной электродугой. Электрическая дуга зажигается у начала реза на верхней кромке и в процессе резки дугу перемещают вниз вдоль разрезаемой кройки, как показано на рис. 91.

Образующиеся капли расплавленного металла выталкиваются козырьком покрытия электрода.

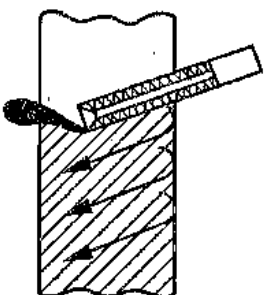


Рис. 91. Схема резки металлургическим электродом

Козырек электрода при этом служит еще изолятором от замыкания на металл.

Основной недостаток этого способа резки — малая производительность и низкое качество реза.

Режимы ручной дуговой резки стали металлургическим плавлением электродом имеются в табл. 30.

Таблица 30

Режимы резки плавлением электродом

Марка металла	Диаметр электрода, мм	Толщина металла, мм	Режимы резки	
			Ток, А	Скорость м/ч
Низкоуглеродная сталь	2,5	6	140	12,36
		12	140	7,2
		25	140	2,1
	3,0	6	190	13,8
		12	190	8,1
		25	190	3,78
4,0	6	220	15,0	
	12	220	9,3	
	25	200	4,5	
Коррозионно-стойкая сталь	2,5	6	130	12
		12	130	4,38
		25	130	3,0
	3,0	6	195	18,72
		12	195	8,7
		25	195	4,5
4,0	6	220	18,9	
	12	220	10,2	
	25	220	5,4	

Дуговая резка угольным электродом

При данном способе резки разделенные металл достигаются путем выплавления его вдоль линии разреза. Способ применяется для резки чугуна и цветных металлов. Сталь этим способом режут, если не требуется обеспечить точные размеры, а ширина и качество реза не имеют значения.

Резка этим способом выполняется сверху вниз, причем должен соблюдаться некоторый угол наклона оплавленной поверхности к горизонтальной плоскости. Это необходимо для облегчения вытекания металла. Резку ведут на постоянном или переменном токе.

В табл. 31 дан пример режима резки стали угольным электродом.

Дуговая резка вольтфрамольным (неплавящимся) электродом производится в защитной среде аргона. Этот вид резки применяется редко. В основном используется при обработке легированных сталей или цветных металлов.

Сущность способа состоит в том, что для резки на электроде создается повышенный ток (на 20—30% выше, чем при сварке) и металл проплавляется насквозь.

Таблица 31

Режимы резки стали угольным электродом

Толщина разрезаемой стали, мм	Диаметр электрода, мм	Режим резки	
		Сила тока, А	Скорость, м/ч
6	10	400	21
10	10	400	18
16	10	400	10,5

§ 72. Кислородно-дуговая резка металлов

Сущность этого способа резки заключается в том, что металлы сначала расплавляются электрической дугой, а затем сгорают в поступающей струе кислорода и выдуваются. Схема кислородно-дуговой резки изображена на рис. 92. Существует несколько способов кислородно-дуговой резки, один из них — способ резки при помощи стальных трубчатых электродов.

При этом методе кислородно-дуговой резки металл нагревается электрической дугой, возбуждаемой между об-

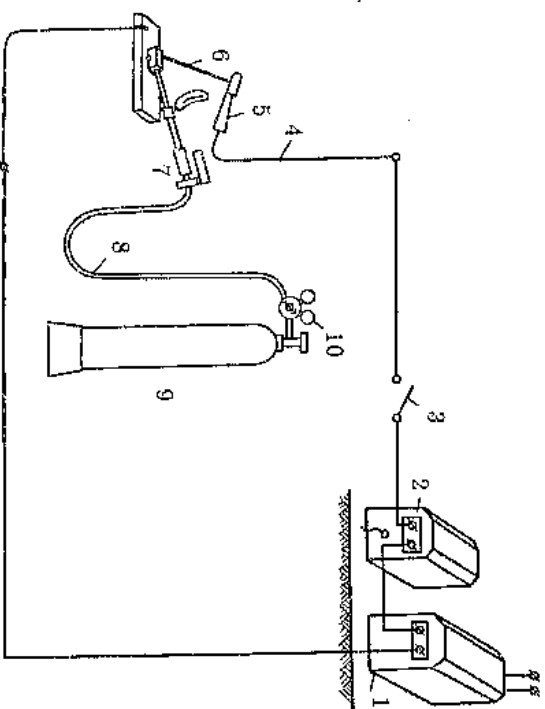


Рис. 92. Схема оборудования поста для кислородно-дуговой резки стальными стержневыми электродами.

- 1 — сварочный трансформатор, 2 — регулятор, 3 — рубильник,
- 4 — провода, идущие к держателю, 5 — электрододержатель,
- 6 — электрод, 7 — резак РГД-1-56, 8 — кислородный шланг,
- 9 — баллон с кислородом, 10 — редуктор

работываемым изделием и трубчатым электродом. Струя кислорода подается через отверстие трубки и, попадая на нагретую поверхность металла, окисляет его по всей толщине.

Электродами при данном способе служат трубки из низкоуглеродистой или нержавеющей стали (наружный диаметр — 5–7 мм, диаметр отверстия — 1–3,5 мм). Наружная поверхность электрода имеет специальное покрытие для предохранения его от замыкания на обрабатываемый металл при перемене и опирании.

Еще одна разновидность кислородно-дуговой резки — резка угольным электродом.

§ 73. Воздушно-дуговая резка

Сущность этого способа резки заключается в том, что металл расплавляется дугой, возбуждаемой между изделием и угольным электродом. Удаление металла производится струей сжатого воздуха.

Схема воздушно-дуговой резки изображена на рис. 93. Воздушно-дуговая резка производится на постоянном токе обратной полярности. Это вызвано тем, что при дуге прямой полярности металл нагревается на слишком широком

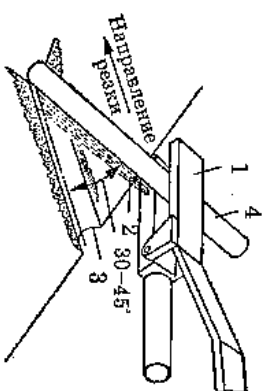


Рис. 93. Схема процесса воздушно-дуговой резки: 1 — резак, 2 — воздушная струя, 3 — канавка, 4 — электрод угольный

участке и удаление металла затруднено. Иногда применяют и переменный ток.

Для воздушно-дуговой резки применяются специальные резакки двух разновидностей: с кольцевым расположением воздушной струи и с последовательным расположением. В резаках с последовательным расположением воздушной струи относительно электрода сжатый воздух обтекает его только с одной стороны.

Для воздушно-дуговой резки применяются угольные или графитовые электроды с круглой или пластинчатой формой.

Величина тока при воздушно-дуговой резке определяется по формуле:

$$I = K \cdot D,$$

где I — сила тока;

D — диаметр электрода;

K — коэффициент, зависящий от теплофизических свойств материала электрода.

Для графитовых электродов $K = 60-62$ А/мм, для угольных — 46-48 А/мм. Таким образом, для угольных электродов требуется несколько меньший ток.

Электродитание для воздушно-дуговой резки обеспечивается стандартными сварочными преобразователями постоянного тока или трансформаторами. Сжатый воздух подается либо от цеховой сети, либо от передвижных компрессоров.

Воздушно-дуговая резка подразделяется на две разновидности: разделительную резку и поверхностную строжку. Поверхностная строжка применяется для заделки дефектных участков в металле и сварных швах, для подрубки корня шва, а также для снятия фасок. Фаску при

этом можно снимать одновременно на обеих кромках листа. Ширина канавки, которая образуется при поверхностной строжке, на 2-3 мм больше, чем диаметр электрода.

В табл. 82 и 83 приведены некоторые характеристики воздушно-дуговой резки (в табл. 82 приведены данные при разделке корня шва, который выполнен вельск с X-образной подготовкой кромок).

Режимы поверхностной воздушно-дуговой резки

Таблица 82

Толщина свариваемого металла, мм	Диаметр электрода, мм	Ток, А	Ширина разделки корня шва, мм	Глубина разделки корня шва, мм
5-8	4	180	6-7	3-4
6-8	6	280	7,5-9	4-5
8-10	8	370	8,5-11	4-5
10-11	10	480	11,5-13,0	5-6

Режимы разделительной воздушно-дуговой резки

Таблица 83

Толщина листа, мм	Диаметр электрода, мм	Сила тока, А	Скорость резки, м/ч	
			Низкоуглеродная сталь	Высокоуглеродная сталь
5	6	270-300	60-62	63-65
10	8	360-400	26-28	30-32
12	10	450-500	20-22	22-24
16	12	540-600	22-24	24-26
25	12	540-600	8-10	10-12

Воздушно-дуговая резка чаще всего применяется для обработки нержавеющей стали и цветных металлов. Она имеет целый ряд преимуществ по сравнению с другими способами обработки: более проста, дешева и более производительна.

§ 74. Плазменно-дуговая резка металлов

Плазма — это газ, состоящий из смеси электрически нейтральных молекул, положительно заряженных ионов и электронов, и нагретый до очень высокой температуры.

Наличие электрически заряженных частиц делает плазму чувствительной к воздействию электромагнитных полей, а поскольку такие поля являются легкоуправляемыми, то плазма тоже хорошо поддается управлению.

Суть плазменно-дуговой резки заключается в том, что металл проплавляется мощным дуговым разрядом, локализованным на очень малом участке поверхности с по-

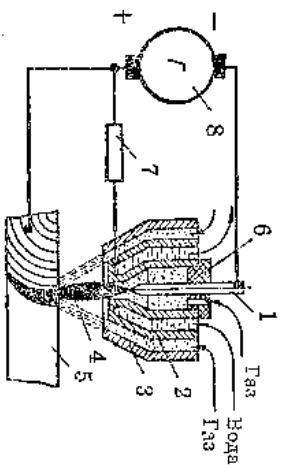


Рис. 94. Принципиальная схема процесса плазменно-дуговой резки:
1 — вольфрамовый электрод, 2 — медное водоохлаждаемое сопло,
3 — наружное сопло, 4 — плазменная струя, 5 — разрезаемый металл,
6 — изоляционная шейка, 7 — балластное сопротивление,
8 — источник питания

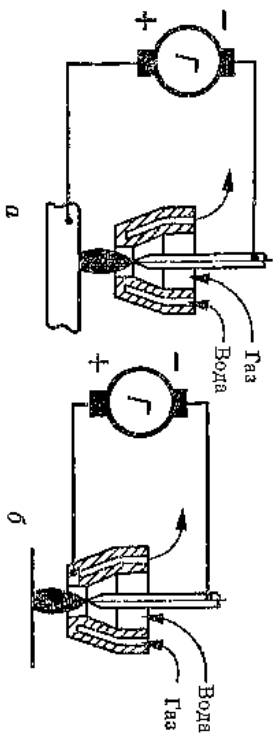


Рис. 95. Принципиальная схема процесса плазменно-дуговой резки:
а — прямого действия, б — косвенного действия

действию удалением расплавленного металла из области реза с помощью высокоскоростного газового потока.

Схема плазменно-дуговой резки изображена на рис. 94. Холодный газ подается в горелку и подается в зону дугового разряда, где обретает свойства плазмы. Плазма затем истекает через отверстие малого диаметра в виде

Таблица 34

Примеры режимов плазменно-дуговой резки

Параметры резки	Разрезаемый металл	
	Ст. 3 толщиной 18 мм	Сталь 1Х18Н9Т толщиной 20 мм
Ток, А	300	340
Напряжение дуги, В	65	75
Диаметр электрода, мм	4	4
Диаметр сопла, мм	3,5	3,5
Расстояние от сопла до изделия, мм	5	3
Расход аргона, л/мин.	10	10
Расход воздуха, м ³ /час	5	5
Скорость резки, м/ч	60	40

ярко светящейся струи с большой скоростью и температурой 30000°С и выше.

В зависимости от электрической схемы плазменно-дуговой резка может выполняться независимой дугой и завысимой дугой. На рис. 95 приведены схемы плазменной резки дугой прямого действия (а) и дугой косвенного действия (б).

В табл. 34 содержатся два примера режимов плазменно-дуговой резки.

§ 75. Дуговая резка под водой

В некоторых жидких средах, в том числе в воде, можно получить достаточно мощный дуговой разряд, который, имея высокую температуру и большую удельную тепловую мощность, испаряет и разлагает окружающую жидкость. Пары и газы, образующиеся при этом, создают вокруг дуги газовую защиту в форме газового пузыря. Таким образом, дуга на самом деле горит не в воде, а в газовой среде.

Газовая среда в этом случае будет состоять в основном из водорода, который образуется при термической диссоциации водяного пара. Кислород, который также образуется при диссоциации, будет окислять материал электрода.

Устойчивая сварочная дуга для подводной резки при использовании обычных источников питания может быть получена при применении металлических или угольных электродов.

Электроды для подводной резки должны иметь толстое водонепроницаемое покрытие, а поскольку оно будет плавиться медленнее стержня (так как охлаждается водой), то на электроде образуется «козлрек», который

способствует устойчивости газового пузыря и стабильному горению дуги.

Водонепроницаемость покрытия электрода достигается, как правило, пропиткой парафином. Для покрытия используется смесь железного сурьки (80%) и мела (20%) с добавлением жидкого натриевого стекла для связки. Покрытие наносится окунанием. Для электродного стержня используется сварочная проволока Св-08 или Св-08 Тс.

Величину сварочного тока устанавливают из расчета 60—70 А на один миллиметр диаметра электрода. Напряжение дуги под водой несколько больше, чем при сварке на воздухе.

Дуговая резка под водой применяется при строительстве различных гидросооружений, ремонте судов и т. д.

Вопросы для самопроверки

1. В чем сущность кислородно-дуговой резки?
2. В чем главное отличие дуговой резки от дуговой сварки металлическим электродом?
3. Что такое воздушно-дуговая резка?
4. Нарисуйте схему плазменно-дуговой резки.
5. Может ли дуга гореть под водой?

Глава 15. СВАРКА УГЛЕРОДИСТЫХ И ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

§ 76. Краткие сведения о сталях

Стали классифицируются по различным признакам, из которых основными являются: химический состав, способ получения и назначение сталей.

По химическому составу стали подразделяются на углеродистые и легированные.

По назначению стали делят на конструкционные, инструментальные и стали с особыми физическими свойствами. Конструкционные стали, в свою очередь, подразделяют на строительные и машиностроительные.

Стали классифицируют также по способу выплавки, от которого зависит качество выплавки. Углеродистую сталь подразделяют на качественную, высококачественную и сталь обыкновенного качества.

По способу производства стали делят на конверторные, маргеновские и электросталь. Кроме того, различают спокойную и кипящую сталь.

Сталь спокойной плавки при разливке в изложницы не кипит и выделяет мало газов. Она полностью раскислена (т. е. очищена от закиси железа) марганцем, кремнием, алюминием. Такая сталь спокойно затвердевает; слиток получается плотным с образованием наверху усачной раковины.

Кипящая сталь при разливке кипит и выделяет большое количество газов. Это связано с тем, что сталь разливается не полностью раскисленной и при понижении температуры некоторое количество углерода вступает в реакцию с оставшейся закисью железа. Окись углерода не успевает выделяться из металла и остается в нем в виде газовых пузырьков.

Кипящая сталь хорошо штампуются (особенно при глубокой вытяжке) и сваривается, но по прочностным свойствам уступает спокойной стали.

При поставках стали подразделяется на три группы:

Группа А — сталь, поставляемая по механическим свойствам;

Группа В — сталь, поставляемая по химическому составу;

Группа В — сталь, поставляемая по механическим свойствам с дополнительными требованиями по химическому составу.

Кроме того, стали подразделяются и по другим признакам (структуре — перлитная, марганцистая и т. д.); методом придания формы — катаная, ковкая, литая и др.).

Углеродистые стали содержат от 0,1 до 0,7% углерода, небольшое количество марганца и кремния, а также вредные примеси фосфора и серы.

Углеродистые стали поставляются по ГОСТ 380-71 (углеродистая обыкновенного качества), ГОСТ 1050-74 (углеродистая качественная сталь), ГОСТ 5521-76 (стали для судостроения) и др.

Углеродистая сталь обыкновенного качества обозначается буквами Ст и цифрами от 0 до 6. Увеличение номера означает повышение содержания углерода и временного сопротивления. Буквы В и В перед буквами Ст обозначают группу стали (группа А обычно в обозначении не указывается). Степень раскисления указывается буквами после цифр: КП — кипящая, СП — спокойная, ПС — полупокойная.

Для стали группы А установлены марки Ст0, Ст1, Ст2, Ст3, Ст4, Ст5, Ст6; для стали группы В — марки ВСт0, ВСт1, ВСт2, ВСт3, ВСт4, ВСт5, ВСт6. Для стали группы В установлены марки ВСт2, ВСт3, ВСт4, ВСт5.

Углеродистая качественная сталь маркируется двумя цифрами, обозначающими среднее содержание углерода в сотых долях процента, например, 05; 08; 10; 20 и т. д. до 60.

Углеродистую качественную сталь производят двух разновидностей (групп): группа I — с нормальным (0,25–0,8%) содержанием марганца, группа II — с повышенным содержанием марганца (от 0,7 до 1,2%). Для обозначения сталей группы II дополнительно вводится буква Г.

Степень раскисления указывается так же, как и для углеродистых сталей обычного качества.

Легированные стали, кроме обычных для стали элементов и примесей, содержат элементы, которые специально вводятся в их состав для придания определенных физико-механических свойств. Важные элементы называются легирующими.

Легированные стали в зависимости от содержания легирующих элементов подразделяются на низколегированные (до 2,5% легирующих компонентов), среднелегированные (от 2,5 до 10%) и высоколегированные (свыше 10%).

Легированные стали обозначаются группой цифр и букв, которые указывают примерный химический состав стали. Первые две цифры указывают среднее содержание углерода в сотых долях процента. Буква означает легирующий элемент, содержащийся в стали, а следующие за буквой цифры — среднее содержание элемента в процентах. Если содержание элемента менее 1%, то цифры за буквой не ставятся. (Условные обозначения химических элементов см. в Приложении 1.)

Например, запись 15Г2СФ означает, что сталь содержит 0,15% углерода, около 2% марганца (Г), менее 1% кремния и 1% ванадия (Ф).

В Приложении 4 приведены некоторые данные о сталях различных марок.

§ 77. Классификация сталей по свариваемости

По свариваемости углеродистые стали условно подразделяются на четыре группы:

— 1 группа — хорошо свариваемые стали;

— 2 группа — условноудовлетительно свариваемые;
 — 3 группа — ограниченно свариваемые;
 — 4 группа — плохо свариваемые.

Свариваемость сталей

Таблица 35

Класс свариваемости	Марки сталей	Условия сварки
1	1) Низкоуглеродистые стали, содержащие менее 0,23 углерода (марки ВСтЗСП5, ВСт4ПС6, ВСтЗПС5, В18ГСП5, М16С, СтТеп, ВСтЗКН2, 08, 10, 15 и т. п.) 2) Низколегированные низкоуглеродистые стали, содержащие менее 0,15% углерода (марки 10Г2С, 10Г2С1Д, 10Г2С1, 10ХСНД, 12Г2СМФ, 12ГС и т. п.)	Свариваются без ограничений, независимо от толщины металла, температурой окружающей среды, жесткости металла, в широким интервале режимов сварки
2	1) Углеродистые стали, содержащие 0,22—0,3% углерода (марки 20, 25, Ст4 и др.) 2) Низколегированные низкоуглеродистые стали, содержащие 0,14—0,22% углерода (марки 14Г2АФ, 15ХСНД, 15Г2АФДпс, 16Г2АФ, 14ГСМФР и т. д.)	Свариваются с ограничениями по температуре окружающей среды (не ниже —5°С), толщины (не более 20мм) и жесткости при правильно выбранных технологических условиях сварки
3	1) Углеродистые стали, содержащие 0,3—0,4% углерода (марки Ст5, 25, 35 и т. д.) 2) Низколегированные среднеуглеродистые стали, содержащие 0,22—0,3% углерода (марки 18Г2АФ, 20ХГСА и т. д.)	Свариваются с предельными или соответствующим подогревом

Окончание табл. 35

Класс свариваемости	Марка сталей	Условия сварки
4	1) Теплоустойчивые стали (марки 12ХМ, 15ХМ, 12Х1МФ, 20ХМЛ, 15Х1МФ, 20ХМФЛ и т.д.) 2) Среднелегированные среднеуглеродистые стали (25Х1ГСА, 30Х1ГСА) 3) Перлитные высоколегированные стали разных марок	Свариваются с подогревом и последующей термообработкой сварного изделия

Стали 1-й группы не склонны к образованию закалочных структур и поэтому свариваются без особых ограничений. Стали 2-й группы требуют строгого соблюдения режимов сварки, соответствия присадочного материала и т. д. — т. е. строгого соблюдения технологии. Стали 3-й группы склонны к образованию закалочных структур и поэтому для них требуются подогрев и последующая термообработка. Сварные швы при сварке сталей 4-й группы склонны к образованию трещин, а сварные соединения обладают пониженной свойством. Стали этой группы свариваются с предварительным и сопутствующим подогревом, а также с немедленной термообработкой после сварки.

В табл. 35 приведены некоторые данные о свариваемости распространенных марок сталей.

§ 78. Сварка углеродистых конструкционных сталей

Низкоуглеродистые стали обладают самой хорошей свариваемостью. При выборе типа и марки электрода для

сварки низкоуглеродистых сталей следует обращать внимание на следующие моменты:

- получение сварных швов без дефектов;
- обеспечение равной прочности сварного соединения и основного металла;

— обеспечение правильного химического состава металла шва;

- получение достаточной стойкости сварных соединений при различных видах нагрузки (ударные, вибрационные и т. п.).

Для варки низкоуглеродистых сталей применяют электроды марок ОММ-5, СМ-6, КПЗ-32Р, ПМ-7, УОНИ-13/45, ОМА-2 и другие (типов 338, 342, 342А).

В некоторых случаях (голые листы стали, неудобное положение сварщика и т. д.) рекомендуется использовать электроды с повышенной прочностью наплавленного металла (типов 346 и 346А). Это связано с тем, что выполненные многослойных швов больших сечений в неудобных положениях трудно осуществлять без внутренних порков. Достижение прочности сварного соединения обеспечивается применением электродов, дающих повышенную прочность шва.

Среднеуглеродистые стали имеют по сравнению с низкоуглеродистыми повышенное содержание углерода, из-за чего могут образовываться кристаллические трещины и малопластичные закалочные структуры в околошовной зоне. Поэтому для повышения стойкости металла шва против образования трещин нужно понизить содержание углерода в металле шва. Для этого применяются электроды с пониженным содержанием углерода. Кроме того, сваркается уменьшить должно участка основного металла в металле шва.

Таблица 36

Ориентировочные режимы дуговой сварки конструкционных сталей

Толщина металла, мм	Разновидность соединения					
	Стыковое		Нахлесточное		Тавровое	
	Сварочный ток, А	Диаметр электрода, мм	Сварочный ток, А	Диаметр электрода, мм	Сварочный ток, А	Диаметр электрода, мм
1,0	25-35	2	30-50	2,5	30-50	2
1,5	35-50	2	35-75	2,5	40-70	2-2,5
2,0	45-70	2,5	55-85	2,5-3	50-80	2,5-3
4,0	120-160	3-4	120-160	3-4	120-160	3-4
5,0	130-180	3-4	130-180	4	130-180	4
10,0	140-220	4-5	150-220	4-5	150-220	4-5
15,0	160-250	4-5	160-250	4-5	160-250	4-5
20,0	160-340	4-6	160-340	4-6	160-340	4-6

Таблица 37

Технологические характеристики некоторых марок электродов для сварки низкоуглеродистых сталей

Марка электрода	Устойчивость дуги	Расход электродов на 1 кг наплавленного металла	Коэффициент наплавления, г/А·ч	Диаметр электрода, мм	Величина тока, А			Род тока	Температура прокаливания электрода, °С
					Нижнее положение	Вертикальное положение	Потолочное положение		
ОММ-5	Высокая	1,8	7,2	2	60-70	50-56	60-70	Постоянный	150
				3	100-130	80-110	90-120		
				4	160-190	130-150	140-160		
				5	200-220	150-170	-		
СМ-5	Высокая	1,8	7,2	4	160-190	130-160	140-170	Постоянный	150
				5	200-220	150-170	-		
ЦМ-7	Высокая	1,8	10,6	4	160-190	130-150	140-160	Постоянный Переменный	200
				5	210-250	140-160	-		
				6	260-320	-	-		
ОМА-2	Высокая	1,5	10,6	2	24-45	20-45	20-45	Постоянный Переменный	100
				2,5	40-60	35-60	40-60		
				3	50-80	40-80	50-80		
УОНИ-13 45	Удовлетворительная	1,6	8,5	2	45-65	30-40	30-45	Постоянный	350-370
				3	80-100	60-80	70-90		
				4	130-160	100-130	120-140		
				5	170-200	140-160	150-170		
СМ-11	Удовлетворительная	1,45	9,5	4	160-220	140-180	140-180	Постоянный Переменный	300-350
				5	200-250	160-200	-		

Таблица 38

**Технологические характеристики некоторых марок электродов
для сварки среднеуглеродистых сталей**

Марка электрода	Устойчивость дуги	Расход электродов на 1 кг наплавленного металла	Коэффициент наплавления, г/А·ч	Диаметр электрода, мм	Величина тока, А			Род тока	Температура прокалывания электрода, °С
					Нижнее положение	Вертикальное положение	Поголочное положение		
УП-2/45	Удовлетворительная	1,6	10	4	140-160	140-160	140-160	Постоянный Переменный	300-350
				5	150-250	160-210	-		
ОЭС-2	Удовлетворительная	1,6	8,5	3	80-100	60-80	60-80	Постоянный	250-300
				4	130-150	120-140	120-140		
				5	170-200	150-170	-		
УОНИ-13/55	Удовлетворительная	1,7	9,0	3	80-100	60-80	70-90	Постоянный	350
				4	130-16	100-130	120-140		
				5	170-200	140-160	150-170		
				6	210-240	180-210	-		
К-5А	Удовлетворительная	1,7	9,0	4	140-200	110-160	120-180	Постоянный Переменный	350
				5	220-280	-	-		
				6	310-380	-	-		
УОНИ-13/65	Удовлетворительная	1,7	9,0	3	80-100	60-80	60-80	Постоянный	400
				4	130-150	90-110	100-120		
				5	170-200	-	-		
				6	210-240	-	-		

Глава 15. Сварка углеродистых и легированных сталей

Вероятность появления закалочных структур снижается путем предварительного и сопутствующего подогрева изделия.

Сваривать среднеуглеродистые стали рекомендуются электродами следующих марок: К-5А, УП-1/45, УП-2/45, ОЭС-2, УОНИ-13/45, УОНИ-13/55, УОНИ-13/65 и др.

Высокоуглеродистую сталь (0,46-0,70% углерода) для изготовления сварных конструкций, как правило, не применяют, но так как из нее изготавливаются литые детали, может возникнуть необходимость в сварке при ремонте и наладке.

В этих случаях используют те же приемы сварки, что и при работе с плохо свариваемыми сталями.

Далее приведены ориентировочные режимы и технологические характеристики некоторых марок электродов для сварки низкоуглеродистых и среднеуглеродистых сталей (табл. 36-38).

§ 79. Сварка низколегированных сталей

Низколегированные стали свариваются труднее, чем низкоуглеродистые конструкционные. Эти стали являются более чувствительными к тепловым воздействиям при сварке, поэтому требуют соответствующих технологических мероприятий.

Электроды и другие сварочные материалы подбираются с расчетом, чтобы содержание углерода, фосфора, серы и других вредных элементов в них было ниже, чем при сварке низкоуглеродистых конструкционных сталей. Это делается для повышения стойкости металла шва против кристаллизационных трещин, т. е. низколегированные стали склонны к их образованию.

Низколегированные стали марок 09Г2, 09Г2С, 10ХСНД, 10Г2С1 и 10Г2В не склонны к образованию закалочных структур и к перегреву. Сварку ведут при любом тепловом режиме, таком же, как при сварке низкоуглеродистых сталей.

Чтобы обеспечить равнопрочность соединения, сварку выполняют электродами Э50А. Твердость и прочность околошовной зоны практически не отличается от прочности и твердости основного металла.

Низколегированные низкоуглеродистые стали марок 12ГС, 14Г, 14Г2, 14ХГС, 15Г2Ф, 15Г2СФ, 15Г2АФ, 15ХСНД склонны к образованию закалочных микроструктур и к перегреву зоны термического влияния. Сварку этих сталей рекомендуется проводить с относительно большой погонной энергией, чтобы уменьшить скорость охлаждения сварного соединения.

При сварке этих сталей используют электроды типа Э50А или Э55.

Для газовой сварки низколегированных сталей используют нормальное пламя. Мощность сварочного пламени выбирается из расчета:

Правый способ — $100-130 \text{ дм}^3/\text{ч}$;

Левый способ — $75-100 \text{ дм}^3/\text{ч}$ (на 1 мм толщины сваряемого металла).

В качестве присадочного материала используют сварочную проволоку марок Св-08, Св-08А, Св-10Г2. Флюс не применяют. Для улучшения свойств металла шов проковывают при температуре $800-850^\circ\text{C}$ (светло-красное каление) с последующей нормализацией.

Технология сварки низколегированных среднеуглеродистых сталей, таких как 17ГС, 18Г2АФ, 35ХМ и т. п., подобна сварке среднелегированных сталей.

§ 80. Сварка среднелегированных сталей

Среднелегированные стали чувствительны к нагреву, склонны к образованию закалочных структур, к перегреву и образованию холодных трещин. Чем выше содержание углерода и различных легирующих примесей, тем хуже свариваемость этих сталей.

Для того чтобы обеспечить хорошее качество сварки, рекомендуется ряд дополнительных мер:

- выбрать методы сварки и сварочные материалы, которые обеспечивают однородность металла шва и основного металла;
 - использовать оптимальные режимы сварки;
 - снизить содержание водорода в основном металле и металле шва с помощью замены переменного тока постоянным;
 - провести термообработку сварных соединений сразу же после сварки (это может полностью устранить опасность возникновения холодных трещин);
 - проводить сварку с предварительной наплавкой на кромки соединяемых деталей слоя аустенитного или ферритного металла, которые не закаляются при сварке.
- Ручная дуговая сварка среднелегированных сталей имеет ряд особенностей:
- применение низкоуглеродистых электродов со фтористо-кальциевым покрытием;
 - применение постоянного тока обратной полярности; — швы большого сечения сваривают «каскадным» методом.
- В табл. 39 приведены характеристики некоторых марок электродов для сварки легированных сталей.

Технологические характеристики некоторых марок электродов
для сварки легированных сталей

Марка электрода	Устойчивость дуги	Расход электродов на 1 кг наплавленного металла	Коэффициент наплавления, г/А·ч	Диаметр электрода, мм	Величина тока, А			Род тока	Температура прокаливания электрода, °С
					Нижнее положение	Вертикальное положение	Потолочное положение		
УОНИ-13/85	Удовлетворительная	1,5	9,5	3 4	80-100 130-160	70-80 90-120	70-90 100-140	Постоянный	370
ЦЛ-14	Высокая	1,6	10,5	4 5	160-180 200-240	120-160 -	120-160 -	Постоянный Переменный	200
ЦЛ-30-63	Удовлетворительная	1,6	10,4	4 5	140-160 180-210	120-140 -	- -	Постоянный Переменный	350
ЦЛ-18-63	Удовлетворительная	1,8	8,5	4 5	130-160 180-210	120-140 -	120-130 -	Постоянный	350
НИАТ-3М	Удовлетворительная	1,6	10	2,5 3 4	60-100 90-130 150-180	- - -	- - -	Постоянный	300-450

§ 81. Сварка легированных теплоустойчивых сталей

Из теплоустойчивых сталей изготавливаются изделия, работающие при температурах, не превышающих 600 °С (для более высоких температур изделия производят из жаростойкой и жаропрочной сталей).

В табл. 40 приведены некоторые сведения об эксплуатации изделий из теплоустойчивых сталей, а в табл. 41 — характеристики режима сварки.

Технология сварки любой марки теплоустойчивой стали предусматривает предварительный (или сопутствующий) местный (или общий) подогрев свариваемого изделия для обеспечения однородности металла шва с основным металлом.

Дополнительный нагрев изделия производится для устранения закалки металла. При сварке без такого нагрева в металле шва и околошовной зоне образуются карбиды молибдена и хрома, которые вызывают хрупкость сварного соединения.

Однородность металла шва с основным металлом необходима для устранения диффузионных явлений, которые будут возникать при высокой температуре во время эксплуатации сварного изделия.

При невозможности подогрева и последующей термобработки (например, в монтажных условиях) для сварки теплоустойчивых сталей применяются электроды АН-ЖР-2, которые пригодны для сварки во всех пространственных положениях.

Сварка теплоустойчивых сталей производится при тех же режимах, что и сварка низколегированных конструктивных сталей. При сварке рекомендуется полностью проварить корень шва, что обеспечивается выполнением первого слоя электродом небольшого диаметра (2—3 мм).

Примеры условий эксплуатации изделий из теплоустойчивых сталей

Таблица 40

Марка стали	Назначение	Температура эксплуатации, °С	Температура начала интенсивного окисления, °С	Срок работы
12МХ	Трубы пароперегревателей, детали цилиндров газовых турбин	510	570	Очень длительный (50000-100000 часов)
12Х1МФ	То же	570-585	600	То же
15Х5	Трубы	600	650	Длительный (1000-10000 часов)
15М	Для корпусов и внутренних деталей аппаратуры нефтепереработки-вазочных заводов	600	650	Очень длительный
15Х5ВФ	То же	600	650	То же
18Х3МВ	Трубы для гидрогидравлической аппаратуры	450-500	600	Длительный
20Х3МВФ	Трубы высокого давления	500-560	600	То же
12Х3ВФ	Трубы печей нефтезаводов	500	650	То же

Таблица 41

Технологические характеристики некоторых марок электродов для сварки теплоустойчивых сталей

Марка электрода	Устойчивость дуги	Расход электродов на 1 кг наплавленного металла	Коэффициент наплавки, г/А·ч	Диаметр электрода, мм	Величина тока, А			Род тока	Температура прокаливания электрода, °С
					Нижнее положение	Вертикальное положение	Пололочное положение		
ГЛ-14	Удовлетворительная	1,5	8	3 4 5	100-120 160-180 200-220	80-110 130-160 -	80-110 130-160 -	Постоянный	300-350
ЦЛ-20-63	Удовлетворительная	1,6	10,3	4 5	140-160 180-210	110-130 -	- -	Постоянный	330-350
ЦЛ-26М-63	Высокая	1,6	10,5	3 4	110-130 160-180	100-120 140-160	100-120 140-160	Постоянный	330-350
ЦЛ-17-63	Удовлетворительная	1,6	10,5	3 4	80-120 130-160	70-90 130-150	70-100 130-150	Постоянный	300-350

Сама техника сварки теплоустойчивых сталей также аналогична технике сварки низколегированных сталей. Многослойная сварка выполняется «каскадным» способом (без промежуточного охлаждения каждого выполненного слоя).

Газовая сварка теплоустойчивых сталей производится только нормальным (восстановительным) пламенем с мощностью 200 дм²/ч ацетилена на 1 мм толщины металла. В качестве присадки используется сварочная проволока марок Св-08ХМФА, Св-10ХМФТ, Св-18ХМА и другие в зависимости от марки свариваемой стали.

Сначала «пролуживают» кромки деталей и расплавляют металл в корде шва, после чего ведут собственно сварку. Такой метод применяют для деталей толщиной не более 15—20 мм, иначе могут возникнуть микротрещины.

Чтобы уменьшить выпорание хрома, молибдена и т. п. легирующих элементов, сварочная ванна поддерживает-ся в жидком состоянии как можно более короткое время. Технологические характеристики некоторых марок электродов для сварки теплоустойчивых сталей приведены в табл. 41.

§ 82. Сварка высоколегированных коррозионно-стойких, жаростойких и жаропрочных сталей и сплавов

К сварным соединениям высоколегированных сталей и сплавов, помимо требований по прочности, пластичности и т. д., предъявляются и другие требования, которые определяются особенностями свариваемого металла и назначением конструкции:

— для жаростойких сталей (и сплавов) — обеспечение длительной прочности, стабильности микроструктуры,

стойкости против хрупкости и т. д. при длительном воздействии высоких температур и нагрузок;

— для коррозионно-стойких (нержавеющих) сталей — способность противостоять различным видам коррозии;

— для окислостойких сталей и сплавов — способность противостоять образованию окисины и некоторым видам коррозии.

Вольшинство высоколегированных сталей обладает пониженным коэффициентом теплопроводности и повышенным коэффициентом линейного расширения (в два и в полтора раза соответственно по сравнению с низкоуглеродистыми сталями).

Низкий коэффициент теплопроводности вызывает концентрицию тепла и соответственно увеличение проплавления металла. Поэтому для получения необходимой глубины проплавления величину сварочного тока снижают на 10—20%.

Увеличенный коэффициент линейного расширения вызывает большие деформации сварного соединения, а в ряде случаев — образование трещин. Высоколегированные стали вообще более склонны к образованию трещин, чем низкоуглеродистые стали.

Для предотвращения образования трещин при сварке высоколегированных сталей используют ряд методов:

— ограничение содержания в шве вредных примесей (фосфора, серы, свинца, олова, висмута, сурьмы и т. д.);

— создание в металле шва двухфазной структуры (аустенит и феррит);

— введение таких элементов, как марганец, вольфрам, молибден;

— применение электродных покрытий основного и смешанного видов;

— обеспечение менее жесткого состояния изделия при сварке.

Одно из главных условий дуговой сварки высоколегированных сталей — постоянное поддержание короткой дуги, т. е. при сварке короткой дугой обеспечивается лучшая защита расплавленного металла от кислорода и азота воздуха.

Коррозионная стойкость сварных соединений из нержавеющей сталей увеличивается при ускоренном остывании изделий после сварки. Для этого швы поливают водой, используют медные водоохлаждаемые прокладки, промежуточное остывание стоев.

При сварке лобных марок высоколегированных сталей рекомендуется общий или местный подогрев до температуры 100—300 °С. Подогрев способствует более равномерному распределению температур по изделию в процессе сварки, а также более медленному охлаждению, которое устраняет концентрированные усадочные деформации по сечению сварного соединения. В результате возможность образования трещин устраняется.

Для сварки высоколегированных сталей используется сварочная проволока по ГОСТ2246-70 (41 марка), например, Св-04Х19Н9, Св-06Х19Н9Г, Св-07Х19Н10Ю, Св-08Х20Н0С2БТЮ и другие.

Электроды выбирают с основными, рутитно-основными и рутитлофтористно-основными покрытиями. Примерный выбор электродов, а также некоторые другие данные о сварке высоколегированных сталей приведены в табл. 42, 43, 44.

Газовую сварку высоколегированных сталей ведут на пониженной мощности пламени (из расчета 70 дм³/ч на 1 мм толщины металла). Это делается для того, чтобы избежать коробления свариваемого изделия. С той же целью используется предварительный подогрев до некоторой температуры, которая выбирается в зависимости от марки стали.

Таблица 42

Технологические характеристики некоторых марок электродов для сварки коррозионно-стойких сталей

Марка электрода	Устойчивость дуги	Расход электродов на 1 кг наплавленного металла	Коэффициент наплавления, г/А·ч	Диаметр электрода, мм	Величина тока, А			Род тока	Температура прокаливания электрода, °С
					Нижнее положение	Вертикальное положение	Потолочное положение		
ОЗЛ-8	Удовлетворительная	1,6	13	3 4	60—80 110—130	50—70 70—110	50—70 70—110	Постоянный	270
ОЗЛ-14	Хорошая	1,6	11	3 4	50—70 120—140	40—60 80—120	40—60 90—120	Постоянный Переменный	200—280
ЗИО-3	Удовлетворительная	1,55	12,5	3 4	80—100 110—130	70—90 110—120	70—90 100—120	Постоянный	300—320
ЦЛ-11	Удовлетворительная	1,8	12,5	3 4	70—90 110—130	60—80 80—110	60—80 80—110	Постоянный	320—350
ЦТ-15-1	Удовлетворительная	1,6	12	3 4	80—110 120—140	70—90 90—110	70—90 90—110	Постоянный	350—450

Таблица 43

**Технологические характеристики некоторых марок электродов
для сварки жаростойких сталей**

Марка электрода	Устойчивость дуги	Расход электродов на 1 кг наплавленного металла	Коэффициент наплавления, г/А·ч	Диаметр электрода, мм	Величина тока, А			Род тока	Температура прокаливания электрода, °С
					Нижнее положение	Вертикальное положение	Потолочное положение		
ОЗЛ-6	Удовлетворительная	1,6	11,5	2	30-50	25-40	25-40	Постоянный	300
				2,5	40-70	35-60	35-60		
				3	60-80	55-75	55-75		
				4	120-140	90-120	90-120		
ЦЛ-25	Удовлетворительная	1,8	10,5	3	80-100	70-90	70-90	Постоянный	350-400
				4	110-140	90-120	90-120		
ОЗЛ-4	Удовлетворительная	1,43	12	2	30-50	25-40	25-40	Постоянный	300
				2,5	40-70	35-60	35-60		
				3	60-80	55-75	55-75		
				4	110-130	90-120	90-120		
ЦТ-17	Удовлетворительная	1,9	10,5	3	60-80	70-90	70-90	Постоянный	350-400
				4	110-130	100-125	95-115		
ОЗЛ-5	Удовлетворительная	1,46	12,5	3	60-80	55-75	55-75	Постоянный	300
				4	110-130	90-120	90-120		
				5	140-160	-	-		
ОЗЛ-9А	Хорошая	1,5	13,5	3	70-90	50-80	50-80	Постоянный	300
				4	110-130	90-110	90-110		

Таблица 44

**Технологические характеристики некоторых марок электродов
для сварки жаропрочных сталей и сплавов**

Марка электрода	Устойчивость дуги	Расход электродов на 1 кг наплавленного металла	Коэффициент наплавления, г/А·ч	Диаметр электрода, мм	Величина тока, А			Род тока	Температура прокаливания электрода, °С
					Нижнее положение	Вертикальное положение	Потолочное положение		
ЦТ-1	Удовлетворительная	1,59	13	3	80-110	70-100	70-100	Постоянный	350-450
				4	130-150	115-135	105-125		
ЦТ-7	Удовлетворительная	1,86	12	3	80-110	-	-	Постоянный	350-400
				4	100-140	-	-		
ЦТ-16	Удовлетворительная	1,49	10,5	3	80-100	-	-	Постоянный	350-450
				4	110-140	-	-		
ЦТ-16-1	Удовлетворительная	1,49	11	3	80-100	70-90	70-90	Постоянный	450-450
				4	110-140	90-125	90-125		
КТМ-7-62	Удовлетворительная	1,6	11,2	2,5	65-75	-	-	Постоянный	300-350
				3	80-100	-	-		
				4	110-130	-	-		

Окислительное пламя не допускается, т. к. это приводит к выгоранию хрома. В качестве присадки используется сварочная проволока марок Св-02Х19Н9Т, Св-08Х1910В и других с минимальным содержанием углерода, легированную титаном или ниобием. Диаметр присадочной проволоки выбирается в зависимости от толщины свариваемого металла и способа сварки.

Вопросы для самопроверки

1. Назовите основные признаки, по которым классифицируются стали.
2. Как стали подразделяются по свариваемости?
3. Как выбираются электроды при сварке конструктивных сталей?
4. Как содержание углерода и легирующих компонентов влияет на технологичность сварки?
5. В чем особенности сварки высоколегированных сталей?

Глава 16. СВАРКА ЧУГУНА

§ 83. ЧУГУНЫ

Чугун — это железоуглеродистый сплав, содержащий более 2% углерода (если сплав содержит менее 2% углерода, он относится к сталям). Из-за сравнительно высокого содержания углерода (наивысший предел содержания углерода может достигать 6,67%) чугун утрачивает пластичность и не поддается ковке.

Кроме углерода, чугун содержит кремний (до 4%), фосфор (до 1,2%), марганец (до 2%), серу (до 0,2%). В специ-

альных (легированных) группы вводят легирующие компоненты — молибден, никель, хром, ванадий и другие.

Чугуны различают по структуре, химическому составу, способам получения и назначению. По химическому составу чугуны подразделяют на легированные и нелегированные. По структуре чугуны делят на белый, серый, ковкий и высокопрочный.

Белый чугун — это чугун, в котором большая часть содержащегося углерода химически связана с железом в виде цементита (химическая формула Fe_3C). Цементит имеет светлый цвет, обладает большой твердостью и хрупкостью. В связи с этим белый чугун имеет на изломе светло-серый, почти белый цвет, очень тверд, не поддается механической обработке и сварке и поэтому в качестве конструкционного материала применяется ограниченно. Белые чугуны используют для получения новых чугунов. **Серый чугун** — чугун, в котором большая часть углерода содержится в свободном состоянии в виде графита

Таблица 45

Марка чугуна	Предел прочности, МН/м ² , при		Твердость по Бринеллю
	изгибе	растяжении	
СЧ-12-28	120	280	143-229
СЧ-15-32	150	320	163-229
СЧ-18-36	180	360	170-229
СЧ-21-40	210	400	170-241
СЧ-24-44	240	440	170-241
СЧ-28-48	280	480	170-241
СЧ-32-52	320	520	187-155
СЧ-36-56	360	560	197-269
СЧ-40-60	400	600	207-269
СЧ-44-64	440	640	229-289

(частично также в виде цементита). Серый чугун относительно мягок, хорошо обрабатывается режущими инструментами, на изломе имеет темно-серый цвет, крупнок. Благодаря невысокой стоимости и хорошим литейным качествам серый чугун применяется очень широко.

Марку серого чугуна обозначают буквами СЧ и двумя числами, из которых первое число означает величину временного сопротивления чугуна при растяжении (в МН/м²), а второе число — сопротивление при изгибе. Механические свойства чугунов приведены в табл. 45.

Кремний, содержащийся в чугуне, уменьшает растворимость углерода в железе и способствует распаду цементита с выделением графита. При сварке из-за того, что температура плавления окислов кремния более высокая, чем температура плавления основного металла, процесс сварки затрудняется.

Марганец связывает углерод и препятствует выделению графита, то есть способствует отбеливанию чугуна. При содержании марганца свыше 1,5% свариваемость чугуна ухудшается.

Сера в чугунах является вредной примесью — затрудняет сварку, снижает прочность и способствует образованию горячих трещин. Это происходит из-за образования сульфида железа (FeS), который вместе с железом образует структуру с температурой плавления 953°С. Эта структура, затвердевая, как несколько позже основного металла (чугуна), способствует образованию трещин.

Фосфор не отбеливает и не графитизирует чугун. Увеличение фосфора в чугуне увеличивает его жидкотекучесть и улучшает свариваемость. Одновременно фосфор понижает температуру затвердевания, повышает хрупкость и твердость. Величина содержания фосфора в серых чугунах не должна превышать 0,3%.

Таблица 46

Марка чугуна	Предел прочности, МН/м ²	Относительное удлинение, %	Твердость по Бринеллю
КЧ-30-6	300	6	163
КЧ-35-8	330	8	163
КЧ-35-10	350	10	163
КЧ-37-10	370	10	163
КЧ-45-6	450	6	241
КЧ-50-4	500	4	241
КЧ-60-3	600	3	260

Ковкий чугун производится из белого чугуна с помощью длительного выдерживания (томления) его при температуре 800—850°С. Изменяя режим термической обработки, получают ковкий чугун различной структуры (ферритной, перлитной).

При нагреве ковкого чугуна выше 900°С графит мостов жел распадается и образуются цементит, что вызывает

Таблица 47

Марка чугуна	Предел прочности, МН/м ²	Относительное удлинение, %	Твердость по Бринеллю
ВЧ 38-17	380	17	140-170
ВЧ 42-12	420	12	140-200
ВЧ 45-5	450	5	160-260
ВЧ 50-2	500	2	180-260
ВЧ 70-3	700	3	229-275
ВЧ 60-2	600	2	200-280
ВЧ 80-3	800	3	220-300

потерю ковкости и ухудшает свариваемость. Чтобы восстановить первоначальную структуру ковкого чугуна после сварки приходится проводить полный цикл термообработки.

Ковкий чугун обозначается буквами КЧ и двумя числами: первое число означает временное сопротивление при растяжении (в МН/см²), второе число означает относительное удлинение в процентах.

Механические свойства ковких чугунов приведены в табл. 46.

Высокопрочные чугуны получают из серого чугуна путем специальной обработки: при температуре не выше 1400 °С в жидкий чугун вводят чистый магний или его сплавы. Высокопрочный чугун при этом приобретает высокие механические свойства из-за образования свободного графита в так называемой глобулярно-парообразной форме.

Высокопрочные чугуны обозначаются буквами ВЧ и двумя числами (первое — предел прочности при растяжении, второе — относительное удлинение в процентах).

Механические свойства высокопрочных чугунов приведены в табл. 47.

§ 84. Особенности сварки чугуна

Как уже указывалось, чугун относится к трудно свариваемым сплавам, и его сварка имеет целый ряд особенностей.

Как правило, трудности, возникающие при сварке чугуна, обусловлены низкой стойкостью металла сварного соединения против образования трещин (пониженная прочность и пластичность).

Эти особенности чугуна вызваны нарушениями его однородности включениями графита, а также его склонно-

стью к закалке и отбеливанию даже при достаточно медленном охлаждении. Кроме того, при сварке чугуна происходит интенсивное выгорание углерода, которое влечет за собой образование пор в сварном шве.

Сварка чугуна применяется в основном для исправления линейных дефектов, в производстве линейно-сварных конструкций и в ремонте различных деталей.

Чугунные детали соединяют между собой газовой сваркой, термитной сваркой, пайкой, дуговой сваркой и сваркой электрошлаковой.

Принято выделять два основных способа сварки чугуна: — сварка без подогрева (холодный способ сварки);

— сварка с подогревом (горячий способ сварки). Последний способ подразделяют еще на два: сварку с местным подогревом и сварку с общим подогревом всего изделия.

При холодной сварке чугуна за счет применения различных электродов удается получить металл шва с нужной прочностью и вязкостью, но полностью избежать появления закалочных структур в зоне сварки без подогрева изделия не удается. Можно только несколько уменьшить толщину закаленной прослойки, используя многопроходную сварку при небольшом сварочном токе.

§ 85. Горячая сварка чугуна

Горячую сварку чугуна широко применяют для исправления линейных дефектов и при ремонте небольших деталей. Горячая сварка наиболее надежна и дает хорошее качество сварного соединения.

Процесс горячей сварки чугуна разделяется на стадии: — подготовка деталей под сварку;

- предварительный подогрев деталей;
- сварка;
- охлаждение деталей после сварки.

Подготовка деталей к сварке зависит от вида дефекта литья или характера поломки чугунной детали. Если деталь имеет трещины, для предотвращения их распространения концы трещин засверливают. Такие дефекты, как раковины, трещины и другие перед сваркой разделявают.

Затем свариваемое изделие собирают и прихватывают по кромок, стараюсь, чтобы диаметр прихваток не превышал 5–6 мм. Детали толщиной до 4 мм сваривают без подготовки кромок, детали толщиной 5 мм и более сваривают с подготовкой кромок (разделка под углом 70–90°). Кромки тщательно очищают от масла, грязи и ржавчины с помощью металлических щеток или в пламени сварочной горелки.

Детали, подготовленные под горячую сварку, подвергают предварительному нагреву до 500–700°С. Выбор температуры предварительного общего подогрева зависит от размеров деталей, их толщины, жесткости конструкции, структуры чугуна и объема наплавленного металла. Общий подогрев деталей производится в электрических и газовых печах, а при их отсутствии — в специальных термических печах, амрах или горнах.

Газовая сварка чугуна выполняется нормальным пламенем и газом с небольшим избытком ацетиленового пламени. Сначала пламя горелки устанавливается почти вертикально, затем постепенно образует необходимый угол. Угол зависит от толщины свариваемого металла. Ядро пламени удерживают на расстоянии 2–3 мм от свариваемого металла. Наконечник горелки выбирается из расчета расхода ацетилена 120 дм³/час на 1 мм толщины свариваемого металла.

В качестве присадки используют чугунные прутки марки «А» диаметром 1, 6, 8, 12 мм и длиной 250–450 мм. Химический состав прутков марки «А» следующий:

Углерод — 3–3,5%
Кремний — 3–3,4%
Сера — не более 0,08%
Марганец — 0,5–0,8%
Фосфор — 0,2–0,4%
Хром — не более 0,05%
Никель — 0,3%

При горячей сварке следует учитывать, что чугун достаточно резко переходит из жидкого состояния в твердое, а на поверхности жидкой ванны образуется окисная пленка, затрудняющая выделение газа из жидкого металла. Поэтому сварочную ванну непрерывно помещивают присадочным прутом.

Кроме того, применяют флюс, улучшающий процесс сварки и способствующий удалению окислов. В качестве флюса используется либо прокаленная бура, либо следующая смесь:

— прокаленная бура — 56%;
— углекислый натрий — 82%
— углекислый калий — 22%.

Применяют также газообразный флюс БМ-1. Чтобы получить качественное сварное соединение, после сварки следует замедлить охлаждение. Для этого пламя сварочной горелки отводят от поверхности металла на 50–60 мм и подогревают наплавленный металл в течение 1–2 минут.

Для уменьшения внутренних напряжений в массивных деталях из чугуна нагревают вторично, а затем охлаждают вместе с печью.

§ 86. Холодная сварка чугуна

Дуговая сварка угольным электродом

При дуговой сварке угольным электродом применяются специальные угольные или графитовые стержни диаметром от 6 до 12 мм. Диаметр электрода выбирается в зависимости от толщины свариваемой детали. Присадочным материалом служат стержни «А» и «Б», а в качестве флюса — прокаленная (при 400°С) бура или смесь буры (50%) и соды (50%). Иногда в качестве флюса применяется смесь, состоящая из 23% технической буры (Na₂V₄O₁₂), 27% серы (Са₂SO₃) и 50% азотнокислого натрия (NaNO₂). Примерные режимы сварки чугуна угольными электродами приведены в табл. 48.

Ручная дуговая сварка чугунными электродами

Ручную дуговую сварку чугунными электродами производят электродами марок «А» и «Б» (литые стержни). Электроды марки «А» применяют и при газовой сварке (см. выше).

Электроды марки «Б» используются при горячей, по-дгорячей и холодной дуговой сварке. Стержни электро-

Таблица 48

Ориентировочные режимы сварки чугуна угольным электродом

Толщина свариваемого металла, мм	Диаметр угольного электрода, мм	Величина сварочного тока, А
6-8	6,8	180-2490
8-10	6, 8, 10	190-300
10-12	8, 10, 12	220-360
12-18	10, 12	240-450

дов имеют диаметры 4, 6, 8, 10, 12, 16 мм и какое-то покрытие. Покрытие может быть либо обычным меловым, либо каким-то специальным. Например, покрытие ОМЧ-1 состоит из 25% мела, 25% полевого шпата, 41% графита, 9% ферромарганца.

Применяют также различные графитирующие покрытия, которые содержат графит, ферросилиций, титановую руду, мрамор, жидкое стекло. Иногда в такое покрытие вводится термит, который замедляет остывание металла шва. Покрытие наносится на стержень методом окунания и имеет толщину 2 мм.

Сварку выполняют на постоянном токе, однако возможно применение и переменного тока. При толщине металла до 20 мм выбирают электроды диаметром до 8 мм. Сварочный ток выбирается из расчета 50-60 А на 1 мм диаметра электрода.

Сварка стальными электродами

При этом способе сварки в чугунное изделие завертывают шпильки, которые затем обваривают. Делается это для того, чтобы повысить прочность наплавленного металла. Способ применяется для ремонта тяжелых провозных чугунных деталей.

Свариваемые чугунные детали подготавливают к сварке: раздвигают кромки и устанавливают шпильки. Отверстия под шпильки сверлят в шахматном порядке, нарезают резьбу и завертывают шпильки. Диаметр шпилек выбирают равным 0,2 толщины свариваемой кромки (но не менее 3 мм). Шпильки устанавливают на расстоянии 4-6 величин их диаметра; расстояние от кромки до шпильки должно быть равным 1,5-2 диаметра шпильки, а высота шпильки над поверхностью детали должна составлять 0,5-1 диаметра.

При толщине свариваемого металла больше 10 мм помимо шпилек устанавливаются анкеры толщиной 6—12 мм, изготовленные из низкоуглеродистой стали. Анкеры размещают под углом 90 и 45° по отношению к сварному шву после заварки участков между шпильками. Допускается приваривать анкеры не на всю толщину.

Сварку соединения со шпильками начинают с обварки шпилек кольцевыми швами, затем заполняют участки между обваренными шпильками. Только после этого начинают заправку всей разделки.

Сварку рекомендуют проводить на небольших участках — не более 100—150 мм и стараться, чтобы количество наплавленного металла было минимальным.

Сварку выполняют, используя электроды диаметром 3—4 мм при толщине изделия до 5 мм и диаметром 4—5 мм при толщине 5—10 мм. Сварочный ток устанавливается величиной 90—100 А для электродов диаметром 3 мм и 130—160 — для электродов диаметром 4—5 мм.

Сварка мелкожелезными электродами

Для сварки чугуна могут быть также применены медножелезные электроды. Эти электроды имеют покрытие, содержащее железный порошок. В качестве материала для стержней применяется медь марки М2, М3 или же ее сплавы.

Наиболее распространенными электродами этого типа являются электроды марки ОЗЧ-1 и МНЧ-1.

Сварка железоникелевыми электродами

Сварка железоникелевыми электродами выполняется специальными электродами марок ПЧ-3и ПН-3А, которые изготавливаются из железоникелевой проволоки со фтористожелобчатым покрытием.

Сварка железоникелевыми электродами применяется для сваривания высокопрочных и серых чугунов.

Способ низкотемпературной пайки-сварки

Способ низкотемпературной пайки-сварки отличается от обычных способов сварки тем, что основной металл не доводится до температуры плавления, соответственно удаляется избежать многих отрицательных явлений в процессе сваривания. При сварке-пайке обычно достаточно прогреть основной металл до 820—860 °С (так называемая температура «смазываемости»).

При низкотемпературной сварке-пайке используются ацетилен или газы-заменители. Мощность пропан-бутанового сварочного пламени выбирается из расчета расхода пропан-бутана 60—70 дм³/час на 1 мм толщины свариваемого металла. При толщине металла до 6 мм сварку можно выполнять за один проход, при толщине 9—12 мм — за два прохода. При использовании флюса ФСЧ-2 (см. таблицу) рабочая температура должна составлять 900—950 °С (при использовании флюса МАФ-1 — 760—800 °С).

При температуре 900—950 °С не исключается появление в зоне термического влияния закалочных структур. Поэтому флюс ФСЧ-2 применяется ограниченно.

В качестве присадки для пайки-сварки применяют чугунные прутки различных марок.

Существует еще одна разновидность низкотемпературной пайки-сварки с использованием лагуновых припоев. Этот метод применяется в основном при проведении ремонтной сварки.

Пайка-сварка чугуна лагуную имеет преимущество перед сваркой плавлением. Преимущество заключается в том, что основной металл (чугун) нагревается только до температуры плавления лагуны (700—750 °С), а это не вызывает

существенных изменений в структуре основного металла и соответственно значительных термических напряжений.

Кромки деталей перед свариванием подготавливают. При толщине детали до 25 мм кромки детали скашивают под углом 45°, при большой толщине рекомендуется разделька ступенчатая. Желательно также, чтобы кромки имели шероховатую поверхность.

Далее необходимо выжечь углерод с поверхности соединяемых кромок (на глубину 0,15–0,2 мм). Это можно сделать двумя способами.

Первый способ: кромки соединяемых деталей покрывают пастой из железных опилок и борной кислоты, после чего прогревают пламенем газовой горелки.

Второй способ: кромки детали прогреваются пламенем газовой горелки, отрегулированной на избыток кислорода. Этот способ применяется чаще.

В обоих случаях кромки деталей прогревают до температуры 750–900°С.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое чулун?
2. Какие виды чулунов вы знаете?
3. В чем заключается особенность сварки чулуна?
4. Назовите основные виды сварки чулуна.

Глава 17. СВАРКА ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

§ 87. Сварка меди

Медь обладает высокой электропроводностью, теплопроводностью, теплоемкостью, пластичностью. Кроме того, медь обладает высокой коррозионной стойкостью.

Благодаря этим свойствам медь широко применяется в различных изделиях.

Медь имеет температуру плавления — 1083°С, температуру кипения — 2360°С, плотность — 8,93 г/см³.

Свариваемость меди в значительной степени зависит также от ее химической чистоты: чем меньше в меди содержится вредных примесей, тем ее свариваемость выше. Вредными примесями в меди, снижающими ее механические свойства и свариваемость, являются кислород, сера, висмут, свинец и другие.

Расплавленная медь интенсивно растворяет газы, особенно кислород.

Трудности сварки меди вызываются ее физико-химическими свойствами: медь обладает высокой теплопроводностью, имеет большой коэффициент линейного расширения при нагревании. Медь имеет склонность к окислению (то есть соединению с кислородом) с образованием тугоплавких окислов, а также к поглощению газов в расплавленном состоянии.

Так, например, присутствие в металле закиси меди (Cu_2O) приводит к образованию крупных прослоек и трещин в зоне термического нагрева. Водород, находящийся в расплавленном металле, также оказывает отрицательное воздействие на сварное соединение. В момент кристаллизации сварного шва водород соединяется с кислородом закиси меди с образованием водяного пара. Водяной пар при этом стремится выйти на поверхность, образуя большое количество трещин и пор. Примерно такое же явление вызывается окисью углерода. На сварку меди оказывает влияние не только кислород, растворенный в меди, но и кислород, поглощаемый из атмосферы.

Все эти причины заставляют применять при сварке меди специальные флюсы, защищающие основную металл

от окисления и растворяющие образовавшиеся окислы. В состав электродов и в состав присадочной проволоки также вводятся раскислители: кремний, фосфор, алюминий, марганец и другие.

Наилучшей свариваемостью обладает раскисленная медь с содержанием кислорода не более 0,01%, поэтому для изготовления сварных конструкций выпускается медь марок М1р, М2р, МЗр (содержание кислорода до 0,01).

При изготовлении сварных конструкций из меди применяются различные виды сварки.

Ручная дуговая сварка угольным электродом

Сварка меди угольным или графитовым электродом выполняется постоянным током прямой полярности. Длина дуги — 35–40 мм. В качестве присадочного материала используются прутки из меди М1 и М2 (круглые или прямоугольные), медные прутки с присадкой фосфора, как активного раскислителя, медные прутки МСр1, содержащие до 1% серебра, прутки из бронзы Вр. ОФ6, 5–0,15 или из латуни ЛК62–0,5.

Чтобы предохранить медь от окисления и улучшить процесс сварки, следует применять флюсы, нанося их на разделку шва и на присадочные прутки.

Вот составы некоторых флюсов.

Первый рецепт:

- бура прокаленная — 68%;
- фосфорнокислый натрий — 15%;
- кремниевая кислота — 15%;
- древесный уголь — 2%.

Второй рецепт:

- бура прокаленная — 50%;
- фосфорнокислый натрий — 15%;
- кремниевая кислота — 15%;
- древесный уголь — 20%.

Таблица 49
Ориентировочные режимы сварки меди угольными и графитовыми электродами

Толщина металла, мм	Диаметр электродов, мм	Диаметр присадочных прутков, мм		Сварочный ток, А
		Сварка угольными электродами	Сварка графитовыми электродами	
2–5	15	2–3	200–300	
5–10	18	5–7	300–450	
10–15	25	7–8	450–600	
Сварка графитовыми электродами				
2–5	13	2–3	200–300	
5–10	15	5–7	300–450	
10–15	20	7–8	450–600	

Третий рецепт:

- прокаленная бура — 95%;
 - металлический порошкообразный марганец — 5%.
- Можно использовать одну буру, но результаты будут несколько хуже.

Кромки свариваемого металла и присадочные прутки перед нанесением флюса желательно очистить металлической щеткой или промыть 10%-ным раствором каустической соды.

Листы толщиной до 4 мм можно сваривать с отбортовкой без присадочного металла; листы большей толщины подготавливают — разделяют кромки со скосом 35–45°. Собирая детали под сварку, желательно обеспечить минимальные зазоры (не более 0,5 мм).

Сварку стыков производят на асбестовой или графитовой подкладке. После сварки сварной шов проковывают и быстро охлаждают.

Режимы ручной дуговой сварки угольными и графитовыми электродами приведены в табл. 49.

Диаметр присадочной проволоки выбирается в зависимости от толщины свариваемого металла по формуле

$$D = 0,5 - 0,75 S',$$

где D — диаметр проволоки,

S — толщина свариваемого металла.

Желательно, чтобы температура плавления присадочной проволоки была ниже температуры плавления основного металла.

Ручная дуговая сварка металлическим электродом

Этим методом сваривают изделия из проката меди толщиной свыше 2 мм.

Сварка выполняется постоянным током обратной полярности с общим предварительным нагревом изделия до 300–400 °С. Соединение стыков при толщине металла до 4 мм можно выполнять без раздельного нагрева кромок, при толщине металла 4–12 мм применяют V-образную раздельку кромок с углом раскрытия шва 60–70°.

Для сварки используют электроды «Комсомолец-100», АНМц (ЛКЗ-АВ) и другие в зависимости от химического состава соединяемых деталей.

В качестве присадки используют прутки М1, М2, М3 и кремнистую бронзу, в качестве флюса — например, флюс ММЗ-2.

Автоматическая сварка под флюсом

угольным электродом

Этот вид сварки используется при толщине деталей 4–6 мм. В свариваемый стык укладывают полосу лагуны и

флюс ОСП-45. Используют постоянный ток прямой полярности (сварочный ток от 750 до 1000 А). Напряжение сварочной дуги 18–24 В, скорость сварки 16–22 м/ч.

Автоматическая сварка

под металлическим флюсом

Оборка производится постоянным током обратной полярности при сварочном токе из расчета 100 А на 1 мм диаметра электрода. Напряжение сварочной дуги 38–40 В, скорость сварки 15–25 м/час.

Используются сварочная проволока М1, М2 и флюсы АН-20, АН-348А, ОСП-45.

Газовая сварка меди

Подготовка изделий к сварке аналогична подготовке для ручной дуговой сварки.

Для газовой сварки в качестве присадки используют прутки и проволоку марок М1, МСр1, МНЭВ-1, МНЭКГ-5-1-0,2-0,2, причем состав присадочной проволоки оказывает большое влияние на процесс сварки.

Таблица 50
Состав некоторых флюсов для сварки меди

Номер флюса	Взвеш. пров.-ленная, %	Борная кислота, %	Поваренная соль	Фосфорнокислый натрий	Кварцевый песок	Древесный уголь, %
1	100	—	—	—	—	—
2	25	75	—	—	—	—
3	50	50	—	—	—	—
4	80	50	10	—	—	—
5	50	35	—	—	—	—
6	50	—	—	15	15	20
7	70	10	20	—	—	—

Для предохранения меди от процесса окисления, раскисления и удаления образовавшихся окислов в шлак используют флюсы. Флюсы используются в виде порошков, паст и газобразные. Состав флюсов для сваривания меди приведен в табл. 50.

Если для сварки применяется проволока, не содержащая раскислителей фосфора и кремния, используются флюсы № 5 и № 6.

Порошкообразный флюс посылают на обе стороны от оси сварного шва на расстояние в 40—50 мм. Флюс в виде пасты наносят на крошки свариваемого металла, а также на присадочный прутки.

Мощность сварочного пламени выбирают в зависимости от толщины свариваемого металла: при толщине металла до 4 мм из расчета расхода ацетиленовым объемом 150—175 дм³/час на 1 мм толщины; при толщине металла до 8—10 мм, мощность увеличивают до 175—225 дм³/час. Если металл имеет большую толщину, сварку ведут двумя горелками: одна используется для подогрева, другая для сварки.

Чтобы уменьшить теплоотвод, сварку ведут на асбестовой подкладке.

Для сварки следует выбирать строго нормальное пламя, потому что окислительное пламя вызовет сильное окисление, а неуглероживающее пламя вызовет появление пор и трещин.

Сварку выполняют восстановительной зоной пламени на расстоянии 3—6 мм от конца дуга до свариваемого металла. Пламя направляют под большим углом, чем при сварке стали. Сварка ведется без перерывов, с максимальной скоростью. Сварка ведется на подгем.

Угол наклона горелки по отношению к свариваемому изделию должен составлять 40—50°, угол наклона приса-

дочной проволоки — 30—40°. Если ведется сварка вертикальных швов, то горелку устанавливают под углом 30°, а сварку выполняют снизу вверх. Длинные швы следует сваривать в свободном состоянии обратноступенчатым способом. Газовая сварка меди выполняется только за один проход.

После сварки остатки флюса удаляются промышленной шва 2%-ным раствором серной или азотной кислоты. Для повышения плотности и пластичности металла шва после сварки его необходимо проковать.

Прокровку деталей толщиной до 4 мм ведут в холодном состоянии, металл большей толщины проковывают при нагреве до 550—600 °С. Дополнительно улучшить металл шва можно с помощью термической обработки — нагреть до температуры 550—600 °С и охладить в воде.

Сварка в среде аргона и азота

Сварка выполняется вольфрамовым электродом на постоянном токе обратной полярности. Величину сварочного тока выбирают в зависимости от толщины свариваемого металла в пределах 400—900 ампер. Присадочным материалом служит проволока Бр. КМцЗ-1 и другие (на пример, М1 и М2).

Сварочную дугу возбуждают на угольной или графитовой палочке, а затем переносят ее на изделие. Не рекомендуется зажимать сварочную дугу на самом изделии, так как это вызывает оплавление и задрожание вольфрамового электрода. Сварка может производиться в нижнем, вертикальном и поперечном положениях.

Медь можно сваривать в среде аргона и на переменном токе: при этом внешний вид шва значительно лучше, но скорость сварки намного ниже. Сварка ведется устойчиво и возможна во всех положениях.

§ 88. Сварка латуни и бронзы

Латунь является сплавом меди с цинком, содержание которого в сплаве может составлять от 20 до 55%. Обладая высокой прочностью, пластичностью, антикоррозионной стойкостью и удовлетворительной свариваемостью, латунь находит широкое применение.

Основные трудности при сварке латуни следующие:

- выгорание цинка в процессе сварки;
- поглощение газов расплавленным металлом сварочной ванны;
- повышенная склонность металла шва и околошовного участка к образованию трещин и пор.

Следует отметить, что пары цинка ядовиты, поэтому необходимо работать в респираторе!

Чтобы предотвратить испарение цинка, применяют специальные флюсы и присадочные металлы. При сварке латуни необходимо также учитывать тот факт, что в диапазоне температур от 300 до 600 °С она склонна к образованию трещин.

Подготовку кромок под сварку ведут в зависимости от толщины свариваемого металла: металл толщиной до 1 мм сваривают с отбортовкой кромок, при толщине от 1 до 5 мм — без скоса кромок; при толщине металла от 6 до 15 мм выполняют разделку У-образного типа на угол 70–90°. Если металл имеет толщину от 15 до 25 мм, делают Х-образную разделку кромок на тот же угол; при дальнейшем — 2–4 мм.

Кромки зачищают до металлического блеска или проправляют в 10%-ном водном растворе азотной кислоты. После травления кромки необходимо промыть горячей водой и насухо протереть.

Состав присадочного металла оказывает большое влияние на процессе сварки металла. При сварке применяют

сварочные прутки марок ЛК62-0,5; Л-63; ЛОК-59-1-0,3 и присадочную проволоку марок Л-63; ЛК62-0,2-0,04-0,5.

Хорошие результаты дает кремнистая латунная проволока ЛК-62-0,5, в которой имеется 0,5% кремния. При сварке с использованием этой проволоки практически исключено выгорание цинка; повышаются плотность, прочность и ударная вязкость сварного соединения.

Для сварки латуней Л-62 и Л-68 применяют самодиффузионную присадочную проволоку ЛКВО-62-0,2-0,04-0,5, то есть сварку ведут без флюса. Оловянистые латуни свариваются с использованием присадочной проволоки ЛО-60-1.

Диаметр присадочной проволоки выбирается в зависимости от толщины свариваемого металла по формуле (но не более 8 мм)

$$d = S + 1,$$

где d — диаметр присадочной проволоки, мм;

S — толщина свариваемого металла, мм.

Для сварки латуни применяют в основном те же флюсы, что и для сварки меди. Широко применяются, например, порошковые флюсы № 1, № 2, № 3.

После сварки для повышения механических свойств сварной шов желательно проковать. Причем латунь, содержащую менее 40%, цинка проковывают в холодном состоянии, а латунь, содержащую свыше 40% цинка, проковывают при температуре 650 °С с последующим медленным охлаждением.

Применяют следующие разновидности сварки латуни. **Сварка угольным электродом** осуществляется для латуни толщиной 1–10 мм. Присадочный металл — латунь с 40%-ным содержанием цинка, флюс — прокаленная бура. Режимы сварки такие же, как и для меди.

Сварка металлическим электродом осуществляется при толщине листов 5–10 мм. Используют двухслойные электроды. Первый слой толщиной 0,2–0,3 мм состоит из 30% марганцевой руды, 15% ферромарганца, 30% титанового концентрата, 5% серноокислого калия, 20% мела. Второй слой имеет толщину 0,8–1,1 мм и состоит из борного шлака на жидком стекле.

Автоматическая сварка под флюсом ведется постоянным током прямой полярности. Используются электродная проволока — латунь ЛК62-05, ЛК80-3, бронза Бр ОЦ4-3, БрКМц3-1, медь марок М1, М2, М3 диаметром 1,5–3 мм, флюсы ОСЦ-45, АН-348А. Сварочный ток выбирается в пределах 250–500 А (при толщине листов 3–15 мм), напряжение дуги 30–42 В, скорость сварки — 16–18 м/час.

Газовая сварка. Качество сварного шва в первую очередь зависит от мощности сварочного пламени: она устанавливается из расчета расхода ацетилена 100–120 дм³/час на 1 мм толщины свариваемого металла. Чтобы снизить испарение цинка, концы дуги сварочного пламени должны находиться на расстоянии 10–70 мм от свариваемой поверхности. Сварка ведется левым способом. При газочную проволоку держат под углом 90° к мундштуку. Сварка выполняется окислительным пламенем.

Сварка бронзы

Бронзами называются сплавы меди с какими-либо легирующими элементами (алюминий, олово, марганец, свинец, фосфор, кремний и другие). Преобладающий легирующий элемент определяет название бронзы (оловянистая бронза, фосфористая бронза и т. п.). Обычно бронзы делят на две группы — оловянистые и безоловянистые.

Температура плавления оловянистых бронз — 900–950 °С, безоловянистые бронзы имеют более высокую температуру плавления — 950–1080 °С.

Оловянистые бронзы содержат от 3 до 14% олова и другие элементы — цинк, фосфор, никель и т. д. Олово снижает температуру плавления бронзы, а также увеличивает интервал между температурой начала кристаллизации и температурой ее окончания.

При сварке бронзы следует стремиться к уменьшению выгорания олова и цинка.

При сваривании оловянистых бронз применяют те же флюсы, что и для сварки меди.

Сварка алюминиевых бронз имеет некоторые особенности. Основные трудности вызываются образованием тугоплавкой окисной пленки (Al_2O_3), которая оседает на дно сварочной ванны и имеет высокую температуру плавления. Удалить ее приходится с помощью специальных флюсов. Состав флюса следующий:

- хлористого натрия — 20%;
- фтористого натрия — 12–16%;
- хлористого бария — 20%;
- хлористый калий — 48–44%.

Разновидности сварки бронзы:

Сварка угольным электродом. В качестве присадочного используется металл того же состава, что и основной металл. Флюсом является прокаленная бура. Сварка ведется постоянным током обратной полярности. При сваривании необходим предварительный нагрев основного металла до температуры 250–300 °С.

Сварка металлическим электродом. Сварку ведут прутками соответствующего состава (см. табл. 51). Прутки имеют различные защитные покрытия. Сварка ведется на постоянном токе прямой полярности: величина

Состав сварочных прутков для сварки бронз

Таблица 51

Химический элемент	Состав сварочных прутков для соответствующих разновидностей бронз (в процентах)		
	оловянистых	свинцовых	фосфористых
Олово	3	8	10-12
Фосфор	0,2	—	0,16-0,45
Свинец	6	21	—
Цинк	8	15	—
Медь	82,2	56	87-90
Железо	0,3	—	—
Никель	0,3	—	—

сварочного тока — 200-300 А. Рекомендуется проводить предварительный нагрев свариваемых деталей до температуры 250-300 °С. Для улучшения качества направленного металла сварной шов можно слегка проковать.

Аргонно-дуговая сварка вольфрамовым электродом ведется без флюса. В качестве присадочного материала используются прутки такого же состава, что и основной металл. Сварка ведется постоянным током прямой полярности.

Автоматическая сварка под флюсом. Алюминиевые бронзы свариваются с использованием электродной проволоки из бронзы ГорАМП9-2. Флюс — АН-20. Сварка ведется постоянным током обратной полярности. Сварочный ток 400-450А при напряжении электрической дуги 35-40В.

Газовая сварка. Основные характеристики сварки и используемые материалы для различных типов бронз приведены в табл. 52.

Основные характеристики газовой сварки бронз

Таблица 52

Характеристики процесса	Разновидности бронз		
	оловянистые	алюминиевые	кремнистые
Мощность сварочного пламени из расхода газа на 1 мм толщины, дм ³ /час	70-120	120-180	100
Характеристика пламени	Восстановительные	нормальное	Строго нормальное
Присадочный материал	Проволоки Вр.ОП4-3 Вр.ОФ6,5-0,15	Проволока Вр.АХМ10-3-1,5	
Флюс	Флюсы для меди	Флюс для алюминиевых бронз	Флюсы для меди и латуни
Предварительный подогрев до t °С	450 °С	—	300-350 °С

§ 89. Сварка алюминия и его сплавов

Алюминий — один из наиболее распространенных элементов в природе. Благодаря своим качествам он широко применяется в различных отраслях человеческой деятельности. К этим качествам относятся:

- достаточно высокие механические характеристики при малой плотности;
- высокая электропроводность;
- высокая теплопроводность;
- коррозионная стойкость и другие свойства.

Плотность алюминия $2,7 \text{ г/см}^3$, температура плавления — 660°C .

Алюминиевые сплавы делятся различными элементами (магний, марганец, кремний, никель, хром и другие) и подразделяются на две группы — литейные и деформируемые.

Литейные сплавы используются для производства деталей сложной конфигурации. Наиболее широко применяются силумины — сплавы алюминия, содержащие от 4 до 13% кремния.

Деформируемые алюминиевые сплавы, в свою очередь, подразделяются на сплавы, упрочняемые термообработкой и неупрочняемые. К первым относятся дюралюмины (марки Д1, Д16) и сплавы АВ, АК и В-95. Ко вторым — сплавы алюминия с марганцем или магнием.

Алюминий легко соединяется с кислородом и поэтому всегда покрыт пленкой окиси алюминия Al_2O_3 с плотностью $3,85 \text{ г/см}^3$. Окись алюминия имеет температуру плавления 2050°C , то есть является тугоплавкой.

Основные трудности при сварке алюминия следующие:

- тугоплавкая пленка окиси алюминия Al_2O_3 ;
- возможность образования пор;
- образование кристаллизационных трещин в металле шва;
- низкая температура плавления;
- высокая теплопроводность;
- значительные остаточные напряжения и деформации.

Причиной образования пор в сварном шве является водород, который стремится выйти в атмосферу, а кристаллизационные трещины возникают из-за повышенного содержания кремния (уменьшаются введением в алюминий добавок железа).

Для сваривания алюминия применяются различные виды сварки: дуговая сварка металлическим и угольным электродами, аргоно-дуговая сварка вольфрамовым электродом и некоторые другие.

Для сварки алюминиевых сплавов используют присадочную сварочную проволоку следующих марок: Св-А-97, Св-АМц, Св-А5с, Св-МчЗ, Св-АМГ5, Св-АМГ6, Св-АМГ-7, Св-АКВ, Св-АК5, Св-АК10. Алюминиево-магниевого сплавы сваривают проволоками Св-АК5, Св-АК10, Св-АМГ3, Св-АМГ5, а в качестве присадок используют проволоки Св-АМц и Св-АК5.

Сварочная проволока выпускается различных диаметров: 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 4,0; 5,0; 5,5; 6,0; 7,0; 8; 9; 10; 11; 12 мм.

При сварке литейных алюминиевых сплавов в качестве присадочного материала используется металл такого же состава, что и основной металл.

При аргоно-дуговой сварке используется сварочная проволока марок Св-АВ00, Св-АМц, Св-АМГ, Св-АК.

При сварке алюминия необходимо удалить окислы алюминия из сварочной ванны и разрушать окисную пленку, затрудняющую процесс сваривания. Для этого применяются специальные флюсы, содержащие легкорастворимые смеси хлористых соединений. При выполнении прихватки флюс наносится только на присадочный металл. Флюс может вызывать коррозирование сварного соединения, поэтому остатки флюса следует удалить — сварные швы и прилегающие зоны очищают металлической щеткой, промывают двухпроцентным раствором азотной кислоты, а затем торчатей водой. Затем детали просушивают.

Стыковые соединения деталей толщиной до 4 мм выполняют без скоса кромок, зазор между ними устраивают величиной 0,5–2 мм. При толщине металла от 4 до 12 мм

обязательно выполняется У-образный скос кромок под углом 30–35° с каждой стороны. Если детали имеют толщину свыше 12 мм, рекомендуется двусторонняя Х-образная разделка кромок (угол 30–35° с каждой стороны).

В табл. 53 приведена зависимость между толщиной детали и рекомендованными расстояниями между прихватами.

Кромки свариваемых деталей, а также присадочный материал перед сваркой должны быть тщательно очищены от грязи, масла и ржавчины напильниками или металлической щеткой на расстоянии 30–40 мм с каждой стороны от шва. Кроме этого, кромки и присадочный материал должны быть обезжирены, для чего их промывают в течение 10 минут в щелочном растворе и затем в проточной воде. Для промывки используется щелочной раствор из смеси 20–25 г едкого натра и 20–30 г углекислого натрия на 1 дм³ воды при температуре 65°С.

После такой промывки кромки деталей и присадочный материал прогреваются в течение двух минут в 15%-ном растворе азотной кислоты или в 25%-ном ра-

Таблица 53
Расстояние между прихватами и зазоры
при выполнении стыковых соединений деталей
из алюминиевых сплавов

Толщина деталей в стыковом соединении, мм	Величина зазора, мм	Расстояние между прихватами, мм
До 15	0,5–1,0	20–30
1,6–3,0	0,8–2,0	30–50
3,1–5,0	1,8–3,0	50–80
5,1–10,0	2,5–4,0	80–120
10,1–15	3,5–5,0	120–210
15,1–50	4,5–6,0	200–360

створе ортофосфорной кислоты. После травления детали промывают в горячей, затем в холодной воде и, наконец, протирают ветошью.

Ручная дуговая сварка угольным электродом

Дуговую сварку угольным электродом используют при исправлении дефектов литвы и при толщине металла 1,5–20 мм. Металл небольшой толщины (до 2 мм) сваривают без разделки кромок и без присадочной проволоки. Для сварки используются угольные электроды диаметром 8–15 мм. Сварка ведется на постоянном токе прямой полярности. Для предупреждения оспаления окисной пленки алюминия в металл шва применяют флюс (АФ-4А и другие).

Ручная дуговая сварка металлическим электродом

Для сварки (а также наплавки) деталей из чистого алюминия марок А6, АД0, АД1 и АД применяются электроды марок 0,3А-1, 0,3А-2, АФ-4аКР. Используются предварительный подогрев деталей (при толщине деталей 6–8 мм — до температуры 200°С, при толщине деталей 8–16 мм — до 350–400°С). Сварку ведут постоянным током обратной полярности. Электроды перед сваркой должны быть просушены в течение двух часов при температуре 150–200°С. При толщине деталей до 20 мм кромки не разделяются, а, установив зазор между листами 0,5–1 мм, ведут сварку с двух сторон. Сварочный ток — из расчета 25–32А на 1 мм диаметра электрода.

Для сваривания деталей из алюминия-марганцевого сплава типа АМЦ и литьевого сплава АД-9 используются электроды А-2. Сварка ведется постоянным током обратной полярности короткой дугой. Используют предва-

тельные подогрев (до температуры 300–400 °С для сплава АМЦ) и до 260–300 °С для АЛ-9). Сплавы марок АЛ-2, АЛ-4, АЛ-5, АЛ-11 свариваются так же, используя электроды О,ЗА-2 при подогреве до 250–400 °С.

Автоматическая сварка по флюсу

Для варки используется сварочная проволока Св-А97 и Св-АМЦ. Сваривание ведется постоянным током обратной полярности (300–400А) с напряжением дуги 38–44В.

Ручная аргоно-дуговая сварка

Для сварки используется аргон высшего и 1-го сорта, который должен подаваться в количестве, достаточном для защиты электрода и сварочной ванны от влияния воздуха.

Сварка может выполняться как постоянным, так и переменным током. При сварке неплавящимся электродом на переменном токе источник питания должен иметь высокое напряжение холостого хода (до 120 В).

Листы малой толщины свариваются левым способом, толстые листы — правым способом.

Газовая сварка алюминия применяется для соединения деталей встык, угловые и тавровые, а особенно нахлесточные соединения не рекомендуются.

Сварка ведется нормальным пламенем; избыток кислорода окисляет алюминий, а избыток горючего газа приводит к сильной пористости шва. Мощность сварочного пламени выбирают из расчета расхода ацетилена 75 дм³/ч на 1 мм толщины металла (табл. 54).

Сварку выполняют восстановительной зоной пламени так, чтобы расстояние от конца ядра пламени до свариваемой поверхности было равно 3–5 мм. Сварка ведется левым способом.

Таблица 54

Расход ацетилена при сварке дегаей
из алюминиевых сплавов

Толщина металла, мм	Расход ацетилена, дм ³ /ч
1,5	50–100
1,6–3,0	100–200
3,1–5,0	200–400
5,1–10	400–700
10,1–15	700–1200
15,1–25	900–1200
25,1–50	900–1200

§ 90. Сварка никеля и его сплавов

Никель является тяжелым цветным металлом (плотность 8,9 г/см³) с высокой прочностью и пластичностью, а также жаропрочностью. Никель обладает хорошими антикоррозионными свойствами. Температура плавления — 1453 °С.

Технически чистый никель содержит от 97,6 до 99,8% чистого никеля в зависимости от марки (Н0, Н1, Н3, Н4). Наиболее вредные для сварки примеси в никеле — свинец и сера. Широко используются сплавы никеля — никель-хромовые (нихромы), никель-молибденовые, медно-никелевые, никель-кобальтовые и другие.

Сварку никеля затрудняет присутствие окиси никеля, температура плавления которой выше (1650 °С), чем у самого металла, склонность металла шва образовывать поры и кристаллизационные трещины.

Причинами образования пор в металле шва при сварке никеля являются высокая растворимость газов (особенно водорода и кислорода) при высоких температурах, а также их выделение в процессе кристаллизации.

Кристаллизационные трещины вызываются, главным образом, примесями серы, которые входят в основной металл.

Ручная дуговая сварка металлургическим электродом

Дуговую сварку металлургическим электродом выполняют короткой дугой на постоянном токе обратной полярности. Для сварки используются электроды «Прогресс-50» и электроды НЗ7К. Во время сварки концом электрода совершают небольшие возвратно-поступательные движения. Если сварку ведут слоями, то каждый последующий шов сваривают только после остывания предыдущего. Кроме того, предыдущий слой должен быть тщательно очищен от шлака и брызг металла.

Для сварки медно-никелевых сплавов используют электроды МЭОУ. Сварка выполняется постоянным током обратной полярности.

Для сварки никель-молибденового сплава (содержание молибдена — 25–30%), работающего в среде соляной и серной кислоты, применяют электроды ХН-1. Сварка ведется постоянным током обратной полярности короткой дугой.

Ручная аргонодуговая сварка. Сварку ведут неплавящимся вольфрамовым электродом. Ток постоянный, прямой полярности.

Для предотвращения пористости в сварном шве к аргону добавляют водород. С той же целью используют сварочную проволоку, в состав которой введен алюминий, ниобий и кремний.

Газовая сварка никеля применяется, в основном, для деталей толщиной до 4 мм и небольших размеров. Детали толщиной до 1,5 мм свариваются без присадочного металла с отбортовкой кромок, детали толщиной от 1,5 до 4 мм

сваривают без разделки кромок. Перед сваркой детали скрепляют прихватками через каждые 100–200 мм. Мощность сварочного пламени — 140–200 дм²/ч на 1 мм толщины свариваемого металла. Пламя нормальное либо с небольшим избытком ацетиленового газа, который перед сваркой нужно осушить.

В качестве присадки используют проволоку, легированную марганцем, титаном и кремнием. В качестве флюса используются составы, приведенные в табл. 55, или газообразный флюс ВМ-1.

Газовую сварку никеля можно выполнять и без флюса, но тогда результаты будут несколько хуже.

Таблица 55

Компоненты	Состав флюса, %		
	№ 1	№ 2	№ 3
Бура прокаленная	100	25	30
Борная кислота	—	75	50
Фтористый калий	—	—	10
Хлористый натрий	—	—	10

§ 91. Сварка титана и его сплавов

Титан и его сплавы в настоящее время применяются достаточно широко (особенно в специальных областях техники).

Титан имеет плотность 4,5 г/см³; температура плавления — 1680 °С.

Титан имеет высокую химическую активность по отношению к кислороду, водороду и азоту, причем с ростом температуры его активность возрастает.

Азот и кислород резко повышают прочность титана и снижают его пластичность. Одним из наиболее важных свойств, способствующих распространению титана в технике, является его высокая коррозионная стойкость во многих агрессивных средах. К тому же титан обладает большой прочностью при нормальных и повышенных температурах.

Чтобы получить качественное сварное соединение титана, необходимо полностью защитить металл шва и окрестной зоны от воздействия атмосферы. Для этого используются инертные газы и горелки со специальными козырьком. Используются также герметичные камеры, заполненные инертным газом.

Применяются инертные газы высокой чистоты, без примесей кислорода, азота, водорода и водных паров.

Титан имеет склонность к перегреву, поэтому время сварки должно быть минимальным.

Большое значение имеет также подготовка титана к сварке. Кромки подготавливают механической зачисткой до блеска и обезжириванием либо применяют травление в специальной смеси (350 см³ соляной кислоты, 50 см³ плавиковой кислоты, 600 см³ воды).

Вопросы для самопроверки

1. Почему медь и медные сплавы плохо свариваются?
2. Назовите основные трудности при сварке латуней.
3. Назовите основные трудности при сварке алюминия.
4. В чем особенность сварки никеля?
5. Каковы особенности варки титана?

Глава 18. НАПЛАВКА И ПАЙКА

§ 92. Разновидности процессов наплавки

Наплавкой называется процесс нанесения слоя расплавленного металла (называемого присадочным) на поверхность основного металла, который расплавляется на большую глубину. Наплавкой на изделии может быть образован поверхностный слой (или слои) с особыми свойствами (износостойкость, антифрикционность, жаростойкость, кислотостойкость и т. д.).

Наплавка широко применяется в ремонтном деле для восстановления изношенных деталей: используется она при изготовлении новых деталей.

На производстве применяются самые разные виды наплавки — дуговая, плазменно-дуговая, импульсно-дуговая, вибродуговая, индукционная, электрошлаковая, газовая. Наибольшее распространение получила электродуговая наплавка.

В отличие от сварки в процессе наплавки участвует сравнительно небольшое количество основного металла, так как глубина проплавления также небольшая. Вследствие этого внутреннее напряжение и деформации деталей, склонность к образованию трещин незначительны.

Чтобы получить заданные свойства наплавленного слоя, в его состав вводят соответствующие легирующие элементы. При этом используются различные способы легирования:

- введение в сварочную ванну металлических добавок;
 - взаимодействие металла и шлака;
 - поглощение элементов из окружающей газовой среды.
- Чаще всего применяется первый способ легирования, как наиболее надежный.

Одна из важнейших задач при наплавке — получение однородного химического состава наплавленного металла, а следовательно, одинаковых его свойств на всей поверхности наплавляемого изделия.

§ 93. Материалы для наплавки

При наплавке используются различные материалы: проволока наплавочная и порошковая, электроды, флюсы и т. д.

Наплавочная проволока

Для наплавки выпускается специальная стальная наплавочная проволока диаметром от 0,3 до 8 мм тридцати марок:

— девять марок углеродистой проволоки — НП-25; НП-30; НП-35; НП-40; НП-45; НП-50; НП-65; НП-80; НП-85;

— одиннадцать марок легированной проволоки — НП-40Г; НП-50Г; НП-65Г; НП-30ХГСА; НП-30Х5; НП-40Х3Г2МФ; НП-40Х2Г2М; НП-50ХНМ; НП-50ХФА; НП-50Х6ФМС; НП-105Х;

— десять марок легированной проволоки — НП-20Х14; НП-30Х13; НП-30Х10Г10Т; НП-40Х13; НП-45Х4В3Ф; НП-45Х2В8Т; НП-60Х3В1-Ф; НП-ГВ; НП-Х15Н60; НП-Х20Н80Т.

Наплавочная проволока подбирается в зависимости от назначения и требуемых свойств металла наплавки (табл. 56). Одно из главных требований — твердость металла наплавки.

Максимальная твердость может быть получена при использовании высоколегированной проволоки марки НП-40Х13 (твердость по шкале НРС — 45–52), мини-

Некоторые данные наплавочных проволок

Таблица 56

Основной металл	Марки проволоки, предназначенные для основного металла	Ориентировочная твердость наплавленного металла по шкале НРС	Ориентировочное назначение
Низкоуглеродистые стали (менее 0,4% С)	НП-25, НП-30, НП-35, НП-40, НП-40Г	40	Оси, шпиндели, коленчатые валы
Низкоуглеродистые стали (с содержанием 50-лее 0,4% С)	НП-45, НП-50, НП-65, НП-80, НП-50Г, НП-65Г, НП-30ХГСА и др.	60	Колеса кранов, оси оторыные тракторов и т. д.
Высокоуглеродистые легированные стали	НП-ГВА и др.	50	Зубья экскаваторных козлов, цепи драбллок, железнодорожные крестовины
Хромовольфрамовые теплоустойчивые стали	НП-45Х2В8Т, НП-60Х3В1-Ф	45	Штампы для горячей штамповки, ножи для резки горячего металла
Хромистые стали	НП-20Х14, НП-30Х13, НП-40Х13	48	Задвижки для пара и воды (некоторые подержности) и т. д.

мальная — при использовании углеродистой проволоки марки НП-25 (НРС 40).

Наплавка проволокой производится покрытыми электродами вручную, под флюсом на автоматах и т. д.

Покрытые электроды

По ГОСТ 10051-75 предусматриваются 44 типа покрытых электродов, которые могут быть использованы для наплавки. Достижимая твердость наплавленного слоя от 28 до 66 НРС.

В табл. 57 даны некоторые примеры использования наплавки покрытыми электродами.

Флюсы

Для наплавки применяются те же флюсы, что и для сварки. Наибольшее распространение получили плавленые флюсы марок АН-348А, АН-60, АН-20, АН-25, АН-18, ОСЦ-45 и т. п. Флюсы выбираются в зависимости от свойств металла и других условий.

При наплавке используются и керамические флюсы — АНК-18, АНК-19 и т. д.

Прутки для наплавки

При наплавке газокислородным пламенем или в защитной среде аргона применяются литые прутки диаметром 6—8 мм и длиной до 400 мм. Химический состав тонких прутков приведен в табл. 58.

Литые прутки используются также при изготовлении покрытых электродов для ручной дуговой наплавки. Так, например, прутки марки ВЗК идут на изготовление электродов ПН-2, применяемых для наплавки арматуры котлов высоких параметров.

Порошковая проволока

При наплавке применяется также порошковая проволока. Выпускается много различных марок, например, ПП-АН105 для наплавки высокомарганцовистых сталей, ПП-АН120, ПП-АН121 — для наплавки под флюсом различных деталей из углеродистых сталей.

Таблица 57

Характеристика некоторых электродов для наплавки

Марки электрода	Твердость наплавленного металла, НРС	Применение	Режимы наплавки (ток) для электродов диаметром		
			3 мм	4 мм	5 мм
ОЗН-250	22—25	Валы, оси, вагонные детали, автотракторные детали, концы рельсов	—	170—200А	210—240А
ОЗН-300	24—32	Автотракторные и вагонные детали, железнодорожные крестовины и т. д.	—	170—200А	210—240А
ОЗН-350	26—37	То же	—	170—200А	210—240А
ОЗН-400	37—40	Быстроизнашивающиеся детали	—	170—200А	210—240А
ОЗН-1	54—55	Режущий инструмент, штампы и т. д.	80—110А	120—150А	160—200А
Т-5909	55—62	Стальные и чугунные детали, работающие в абразивной среде без ударной нагрузки (например, щеки дробилок, рабочие колеса землесосов и т. п.)	—	200—220А	250—270А
Т-620	58—59	Быстроизнашивающиеся детали из стали и чугуна, работающие в условиях ударных нагрузок и сильного истирания (например, зубья ковшей экскаваторов, щеки камнедробилок и др.)	—	200—220А	250—270А

Химический состав литых прутков для наплавки, %

Химический состав	Марка сплава			ВХН-1
	Сортамент прутковый	В2К	В3К	
Углерод	2,5-3,3	1,75-2,25	0,9-1,3	0,5-1,2
Кремний	2,8-3,5	1,0-2,0	1,75-2,75	1,5-2,5
Марганец	1,5	-	-	0,5
Хром	25-31	28-32	28-32	35-40
Никель	3-5	менее 2	менее 2	50-60
Вольфрам	-	14-17	4-5	-
Кобальт	-	48-53	58-63	-
Железо	Остальная часть	менее 3	менее 3	менее 5

Таблица 59

Основные характеристики зернистых сплавов

Марка сплава	Состав	Твердость наплавленного слоя	Примеры применений, примечания
Сталлит М	Феррохром, ферродистый, ферромарганец, кокс нефтяной, чугуна, стужка	Не менее 52 НРС	Наплавка ножей бульдозеров, козьярка ковшей экскаваторов
Виском	Феррохром — 3%, ферромарганец — 15%, прафит — 6%, чугунная стужка — 74%	250-320 НВ	Наплавка тележков плугов, дисков, зубьев борон; сплав экономичный (дешевый)

Марка сплава	Состав	Твердость наплавленного слоя	Примеры применений, примечания
Боридная смесь ВХ	Бориды хрома — 50%, железный порошок — 50%	82-84 НРА	-
Вокар	Измельченный вольфрам, прокаленный сахар (углерод)	50-58 НРС (первый слой), 61-63 НРС (второй слой)	Наплавка при изготовлении и ремонте бурового инструмента
Карбидно-боридная смесь КВХ	Карбид хрома — 5%, борид хрома — 5%, железный порошок — 30%, феррохром — 60%	-	Получила более широкое распространение, чем боридная смесь ВХ

Порошковой проволокой наплавляются изделия в запитных газах, под флюсом и открытой электродугой.

При дуговой наплавке порошковыми проволоками применяются меньшие токи, чем при выполнении сварки. В результате глубина проплавления основного металла уменьшается и наплавленный материал меньше смешивается с основным. Это приводит к возрастанию твердости наплавленного металла.

Порошкообразные (зернистые) сплавы

При наплавке используются также зернистые сплавы в виде порошкообразных смесей.

В табл. 59 приведены основные характеристики таких смесей.

§ 94. Техника дуговой наплавки

При выполнении дуговой наплавки должны обеспечиваться высокая производительность и хорошее качество наплавленного слоя.

Под производительностью наплавки понимается количество наплавленного металла за единицу времени. Этот показатель зависит от способа выполнения наплавки.

Так, например, при выполнении автоматической наплавки электродом большого сечения производительность достигает 150 кг/ч, при автоматической наплавке под флюсом — 2–15 кг/ч, при электрошлаковой — 20–60 кг/ч, при ручной наплавке покрытыми электродами — 0,8–3,0 кг/ч.

При наплавке плоских поверхностей рекомендуется применение широких роликов, то есть процесс ведется с кобальтовым движением электродов.

Другой способ — укладка уязких роликов на некотором расстоянии один от другого. При этом шлак удаляют после наложения нескольких роликов. После этого ролики наплаваются и в промежутках.

При наплавке зернистых порошков используются угольный электрод и постоянный ток прямой полярности или переменный ток с осциллятором.

Рабочая поверхность перед наплавкой очищается от масла, ржавчины и других загрязнений. Затем на поверхность заготовки напыляют тонкий слой прокатанной буры (0,2–0,3 мм толщиной) и слой порошкового сплава высотой 2–7 мм и шириной 30–40 мм. Этот слой разравнивают и слегка уплотняют специальной гладилкой.

На рис. 96 приведена схема процесса наплавки пористых сплавов. Угольным электродом совершают плавающие поступательные и поперечные движения, чтобы достичь ровной поверхности наплавленного слоя.

282

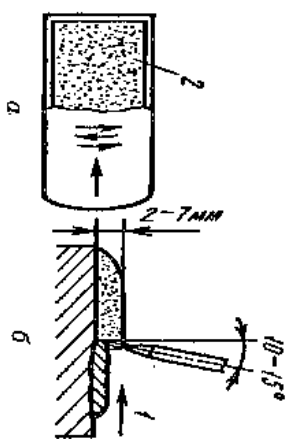


Рис. 96. Положение угольного электрода в процессе наплавки порошкообразных твердых сплавов:
а — перемещение электрода,
б — вид сбоку;
1 — общее направление наплавки, 2 — слой шикты

Высота наплавленного слоя меньше, чем высота наплавленного порошка. Причем разность высот различна для разных порошков (высота уменьшается на 60–65% для стали, на 70–80% для смеси ВХ, на 35–50% для вольфрама).

Наплавка может выполняться и в несколько слоев, но общая толщина наплавленного слоя во избежание трещин и выкраивания не должна превышать некоторой величины. Эта величина зависит от вида порошкового сплава и составляет 1,4–1,7 мм для боридной смеси ВХ, 3–4 мм для вольфрама, 5–6 мм для сталинита.

Порошковые сплавы наплавляются и металлическими покрытыми электродами (например, типа Э42). Однако в этом случае твердость наплавленного слоя понижается.

§ 95. Газопламенная наплавка

Наплавка газокислородным пламенем имеет ряд достоинств и недостатков по сравнению с дуговой наплавкой.

При газопламенной наплавке легче поддается регулированию степеней нагрева основного и присадочного металла (благодаря раздельному нагреву). Кроме того, газокислородное пламя защищает наплавленный металл от

283

окисления его кислородом воздуха, препятствует испарению элементов, входящих в состав наплавленного металла. Недостатком газопламенной наплавки являются несколько меньшая производительность и увеличенная зона нагрева основного металла. Увеличение зоны нагрева приводит к нескольким большим остаточным напряжениям и деформациям, чем при дуговой наплавке.

При газопламенной наплавке на поверхность основного металла направляют пламя, не доводя его до расплавления. После этого дают присадку и, расплавив ее, добиваются растекания по горячей поверхности. Небольшие детали наплавляют без предварительного нагрева, крупногабаритные детали подогреваются предварительному или сопутствующему подогреву до температуры 500—700 °С.

Как и при сварке, в процессе наплавки используются флюсы. Также используются правый и левый способы наплавки.

Газовая наплавка применяется особенно широко для латуней. Медь и бронзу обычно наплавляют электродуговым способом. Часто применяют газокислородную наплавку для белых чугунов (например, марок В4, Х;). Твердость наплавленного слоя при этом достигает 45—50 НРС.

Достаточно широко применяется наплавка твердыми сплавами. Обычно твердые сплавы наплавляются на детали, которые должны обладать повышенной износостойкостью — штампы, режущий инструмент, буровой инструмент, детали прокатных станков и т. д.

Наилучшее качество достигается при наплавке твердых сплавов на детали из углеродистых сталей (с содержанием углерода не более 0,6%), из ванадиевых, а также из хромоникелевых сталей.

Наплавка на стали, склонные к закалке, а также на чугуны, требует особого подхода. Перед наплавкой дета-

ли предварительно подогревают, а после нее — медленно охлаждают. Кроме того, используются соответствующие приемы флюсы.

В качестве присадочного металла при наплавке твердых сплавов используют литые сплавы в виде прутков, наплавочную проволоку, зернистые сплавы, трубчатые наплавочные стержни.

§ 96. Пайка металлов

Пайкой называется технологический процесс соединения деталей в твердом состоянии посредством расплавленного присадочного материала — припоя. Пайка может выполняться вручную и на специальных автоматических или механизированных установках.

Пайка металлов условно подразделяется на пайку твердыми припоями или, что более правильно, — на высокотемпературную и низкотемпературную пайку (ГОСТ 17325-71). Высокотемпературной считается пайка с температурой плавления припоев выше 550 °С (ниже 550 °С — низкотемпературная пайка).

В качестве припоев используются составы, в которые входят:

низкотемпературные припой — олово, свинец, сурьма; высокотемпературные — цинк, медь, серебро.

Для расплавления припоев используются газовые горелки, электродуга, муфельные и др. печи, индукционный нагрев и т. д. Для низкотемпературной пайки используют паяльники.

Пайке поддаются низкоуглеродистая и перированная сталь, чугун, медь, алюминий, никель, их сплавы, а также многие другие металлы.

Чаще всего применяется газопламенная пайка, причем, широко применяются газы-заменители ацетилена. Припой для пайки производится в виде прутков, палок, проволоки, порошков и паст.

Для получения высококачественного паяного соединения припой должен удовлетворять следующим условиям:

— иметь температуру плавления ниже температуры плавления основного металла;

— хорошо растекается, проникая в щели зазора, а также хорошо смачивать основной металл;

— должен обладать одинаковой или более высокой коррозийной стойкостью, чем основной металл;

— припой и основной металл должны взаимно диффундировать и образовывать сплав;

— припой не должен содержать дорогостоящих и дефицитных компонентов.

Все припои для высокотемпературной пайки можно подразделить на группы: серебряные, медные, медно-цинковые, медно-фосфористые.

Медно-цинковые припои используются при пайке стали, чугуна, никели, меди и бронзы, медные — в основном для пайки в печах с защитной атмосферой.

Серебряные припои используются при пайке практически всех черных и цветных металлов, за исключением цинка и алюминия, которые имеют более низкую температуру плавления, чем припой.

Серебряные припои имеют температуру плавления от 720 до 870 °С. Производятся припои марок от Пср10 до Пср70 (цифры указывают на содержание в припое серебра).

Медно-фосфористые припои широко используются в электропромышленности для пайки меди и латуни.

В Приложении 5 приведены составы некоторых марок мягких и твердых припоев.

При газопламенной пайке применяются различные флюсы в виде паст, порошков и газа. Как правило, основной флюс при твердой пайке является борная кислота, в результате чего флюс становится более густым и вязким. Чтобы понизить рабочую температуру флюса, вводятся фтористый калий и другие щелочные металлы.

Вопросы для самопроверки

1. Что называется наплавкой?
2. Какие виды материалов применяются для наплавки?
3. Что понимают под производительностью наплавки?
4. Назовите некоторые достоинства и недостатки газопламенной наплавки.
5. Что называется пайкой?
6. Какие виды припоев вы знаете?

Глава 19. ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

§ 97. Требования к источникам питания сварочной дуги

Электрическая сварочная дуга представляет собой очень своеобразный вид нагрузки, отличающийся от других потребителей электроэнергии. Основные особенности сварочной дуги как нагрузки следующие:

— для зажигания дуги требуется более высокое напряжение, чем для поддержания ее горения;

— во время горения дуги электрическая цепь либо разрывается, либо происходит короткое замыкание;

— напряжение дуги меняется с изменением длины дуги, а вместе с этим и сила сварочного тока;

— в момент короткого замыкания (т. е. в моменты зажигания дуги и перехода капли расплавленного металла на изделие) напряжение между изделием и электродом падает до нуля.

Такие особенности сварочной дуги обуславливают ряд требований к источникам питания для нее.

Во-первых, напряжение холостого хода источника питания должно быть в 2—3 раза выше напряжения сварочной дуги, что необходимо для облегчения зажигания дуги. В то же время это напряжение должно быть безопасным при выполнении необходимых правил. ГОСТ определяет максимальное напряжение холостого хода не выше 80 В для источников питания переменного тока и 90 В — постоянного тока.

Во-вторых, изменения напряжения дуги, происходящие при изменении ее длины, не должны вызывать значительного изменения сварочного тока, и значит, изменения теплового режима сварки.

В-третьих, сила тока при коротком замыкании должна быть ограничена. Нормальный процесс дуговой сварки обеспечивается, если ток короткого замыкания выше сварочного тока в 1,1—1,5 раза (в некоторых случаях — в два раза).

В-четвертых, время восстановления напряжения после короткого замыкания должно быть небольшим (обычно требуется, чтобы напряжение восстанавливалось от 0 до 25 В за время не более 0,05 сек). Это требуется, чтобы обеспечить устойчивость дуги.

В-пятых, источник питания дуги должен иметь устройство для регулирования сварочного тока. Регулирование тока необходимо, чтобы иметь возможность произво-

дить сварку электродами разных диаметров. Пределы регулирования тока должны составлять примерно 30—130% от номинального сварочного тока.

Изложенные требования относятся к источникам питания для ручной дуговой сварки; для других видов дуговой сварки эти требования могут отличаться.

§ 98. Характеристики источников питания

Источники питания характеризуются различными показателями, из которых основными являются:

- внешняя характеристика источника питания;
- напряжение холостого хода;
- относительная продолжительность работы (ПР);
- относительная продолжительность включения в предрывистом режиме (ПВ).

Внешняя характеристика источника питания.

Внешней характеристикой источника питания (генератора, выпрямителя, сварочного трансформатора) называется зависимость напряжения на его выходных зажимах от величины тока нагрузки.

Внешние характеристики различного типа показаны на рис. 97.

Источники питания могут иметь четыре вида внешних вольт-амперных характеристик:

- крутопадающую;
- пологопадающую;
- жесткую;
- возрастающую.

Источники питания с крутопадающими характеристиками применяются для ручной дуговой сварки, с пологопадающими — для автоматической и полуматригической

сварки под флюсом. Источники питания, имеющие вольт-амперную или жесткую внешнюю характеристику, используются для сварки в защитных газах.

Длина сварочной дуги связана с ее напряжением, причем, чем длиннее дуга, тем больше падение напряжения. При одинаковом изменении длины дуги изменение величины сварочного тока будет различным для разных видов внешних характеристик источников питания. Чем круче вольт-амперная характеристика источника, тем меньше влияние длина дуги оказывает на сварочный ток. Сварочная дуга тоже имеет некоторую внешнюю характеристику (см. соответствующий раздел книги). Стабильное горение дуги возможно при угловом

$$U_a = U_{ист}$$

(напряжение дуги равно напряжению источника питания). Графически это выражается в том, что характеристика сварочной дуги пересекается с характеристикой источника питания. (На рис. 98 показаны три характеристики дуги различной длины — L_1 , L_2 , L_3 и крутопадающая характеристика источника питания.)

Точка А выражает устойчивое горение дуги ($U_a = U_{ист}$). В случае, если сварочный ток уменьшится, напряжение

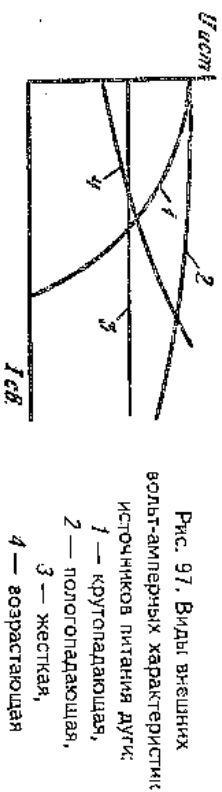


Рис. 97. Виды внешних вольт-амперных характеристик источников питания дуги:
1 — крутопадающая,
2 — пологопадающая,
3 — жесткая,
4 — возростающая

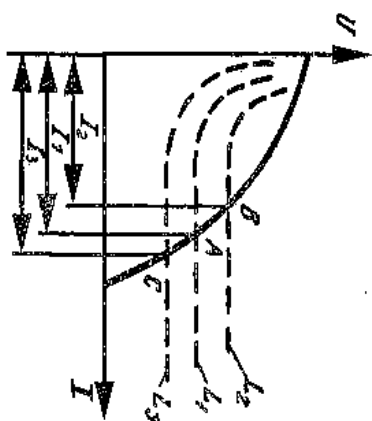


Рис. 98. Стагистические характеристики дуги длиной L_1 , L_2 и L_3

источника станет больше напряжения дуги (см. график), и в этом случае устойчивой была бы дуга длиной L_2 . При увеличении сварочного тока, наоборот, стабильной будет дуга длиной L_3 .

Для стабильного горения сварочной дуги, имеющей возростающую статическую характеристику, необходимо источник питания с жесткой внешней характеристикой.

Напряжение холостого хода

Напряжением холостого хода источника питания называется напряжение на выходных зажимах при отсутствии нагрузки в сварочной цепи.

Напряжение холостого хода источника питания с падющей внешней характеристикой всегда больше рабочего напряжения сварочной дуги, что значительно облегчает первоначальное и повторное зажигание дуги.

Для переменного тока напряжение зажигания должно быть не менее 50–55 В, для постоянного тока — не менее 30–35 В. Для трансформаторов, которые рассчитаны на

сварочный ток 2000 А, напряжение холостого хода не должно превышать 80 В.

Повышение напряжения холостого хода источника переменного тока приводит к уменьшению значения γ — сдвиг фаз. Вспомогательную формулу для мощности переменного тока,

$$P = U \cdot I \cdot \cos \gamma,$$

делаем вывод, что уменьшение значения $\cos \gamma$ приводит к снижению коэффициента полезного действия источника питания.

Источник питания для ручной дуговой сварки плавлением электродом и для автоматической сварки под флюсом должен обладать падающей внешней характеристикой. Так называемая жесткая внешняя характеристика применяется для выполнения сварки в защитных газах (гелии, углекислом газе, аргоне), а также некоторыми разновидностями порошковых проволок. Источники питания с полговозрастающими внешними характеристиками (кривая 4 на рис. 97) используются для сварки в защитных газах.

Режим работы источника питания

Обычно работа источника питания сварочной дуги происходит с периодическими включениями и выключениями нагрузки (например, во время смены электрода, при очистке шва от шлаков и т. д.). Для характеристики режима работы источника питания применяют такие показатели, как продолжительность работы (ПР) и продолжительность включения (ПВ). Обе эти величины выражаются в процентах:

$$ПР = \frac{t_{cv}}{t_{cv} + t_{cx}} \cdot 100\%,$$

$$ПВ = \frac{t_{cv}}{t_{cv} + t_n} \cdot 100\%,$$

где t_{cv} — время (продолжительность) сварки,

t_{cx} — время холостого хода,

t_n — время паузы.

Различие между ПР и ПВ заключается в том, что в первом случае во время паузы источник питания не отключается от сети и работает на холостом ходу, а во втором случае источник питания полностью отключается от сети.

В паспорте любого источника питания указывается величина номинального сварочного тока и номинальное значение продолжительности работы ПР_н (или же ПВ_н). Номинальный (расчетный) ток определяется максимальным допустимым нагревом деталей источника питания. Максимально допустимый сварочный ток можно определить по формуле

$$I_0 = I_n \sqrt{\frac{ПР_n}{ПР_0}},$$

где ПР₀ — допустимое значение ПР.

Пример. Рассчитать допустимый сварочный ток для источника питания, в паспорте которого приведены: $I_n = 600$ А и ПР_н = 60%, если источник работает непрерывно в течение 10 мин (т. е. ПР₀ = 100%).

Пользуясь формулой, находим:

$$I_0 = I_n \sqrt{\frac{ПР_n}{ПР_0}} = 600 \cdot \sqrt{\frac{60}{100}} \approx 600 \cdot 0,75 = 375 \text{ А.}$$

§ 99. Общие сведения о сварочных трансформаторах

Сварочные трансформаторы предназначены для преобразования сравнительно высокого напряжения электрической сети (220 В или 380 В) в более низкое напряжение вторичной электрической цепи для возбуждения и горения сварочной дуги.

Напряжение на вторичной обмотке сварочного трансформатора при холостом ходе (то есть без нагрузки в сварочной цепи) составляет обычно 60—75 В. При сварке на малых токах (примерно 50—100 А) для устойчивого горения дуги требуется иметь несколько более высокое напряжение холостого хода, а именно, напряжение 70—80 В.

Различают сварочные трансформаторы **однополюсные** и **многополюсные**. Однополюсные сварочные трансформаторы предназначены для обеспечения сварочным током одного рабочего места и имеют соответствующую внешнюю характеристику. Многополюсные трансформаторы служат для питания нескольких рабочих мест одновременно. Многополюсные трансформаторы имеют жесткую характеристику, а для обеспечения устойчивого горения сварочной дуги (т. е. создания падающей характеристики) в сварочную цепь включается дроссель.

Сварочные трансформаторы различают также по фазности (однофазные и трехфазные трансформаторы).

По конструктивным особенностям сварочные трансформаторы для дуговой сварки делят на две главные группы: — сварочные трансформаторы с нормальным магнитным рассеянием;

— трансформаторы с развитым магнитным рассеянием. Сварочные трансформаторы с нормальным рассеянием конструктивно выполняются либо в виде двух раздельных аппаратов, либо в виде единого общего корпуса.

294

Трансформаторы с развитым магнитным рассеянием конструктивно различаются по способу регулирования (ступенчатое регулирование, регулирование подвижными катушками и т. д.).

§ 100. Сварочные трансформаторы с нормальным магнитным рассеянием

В комплект такого источника питания входят трансформатор и дроссель. На рис. 99 показано принципиальное устройство двух разновидностей сварочных трансформаторов с отдельными дросселями.

Понижающий трансформатор состоит из двух обмоток: первичной 1 и вторичной (понижающей) 2, расположенных на магнитопроводе 3. Магнитопровод или сердечник собирается из большого количества тонких пластин, которые стягиваются шпильками.

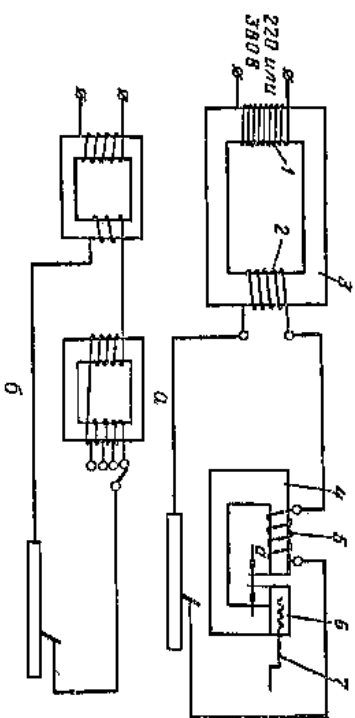


Рис. 99. Принципиальная электрическая схема сварочных трансформаторов с отдельными дросселями:
1 — сварочный ток регулируется изменением воздушного зазора,
2 — сварочный ток регулируется ступенчато-передающим контактом

295

Дроссель представляет собой магнитопровод 4 (также собранный из отдельных пластин), на котором расположена обмотка 5 из медного или алюминиевого провода. Обмотка рассчитана на прохождение максимального сварочного тока. Кроме того, магнитопровод имеет подвижную часть 6, которую можно перемещать с помощью винта 7 с рукояткой.

Первичная обмотка трансформатора подключается к электрической сети напряжением 220 или 380 В. Проходя по первичной обмотке, переменный ток создает переменное магнитное поле. Под влиянием этого поля во вторичной обмотке индуцируется переменный ток более низкого напряжения. Обмотка дросселя 5 включается в сварочную цепь последовательно с вторичной обмоткой трансформатора.

Путем изменения величины воздушного зазора *a* между подвижной и неподвижной частями магнитопровода дросселя изменяют величину сварочного тока. Также регулирование сварочного тока основано на изменении магнитного сопротивления магнитопровода (а с ним и магнитного потока): с увеличением воздушного зазора магнитное сопротивление магнитопровода увеличивается (магнитный поток уменьшается), а сварочный ток увеличивается.

Подобный способ регулирования сварочного тока дает возможность настраивать режим сварки плавно и с достаточной точностью.

Существуют также сварочные трансформаторы с дросселем, имеющие ступенчатое регулирование сварочного тока (рис. 99, б). В этом случае дроссель имеет неразъемный магнитопровод, в результате чего его конструкция значительно упрощается.

В настоящее время трансформаторы этого типа не выпускаются. Вместо них выпускаются трансформаторы в однокорпусном исполнении.

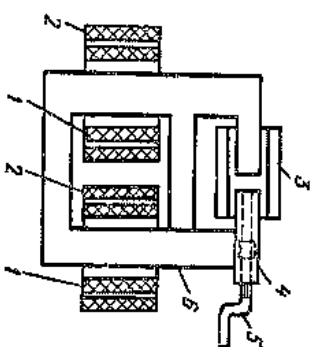


Рис. 100. Конструктивная схема трансформатора типа СТН:
1 — первичная обмотка,
2 — вторичная обмотка,
3 — обмотка дросселя,
4 — подвижный пакет магнитопровода, 5 — рукоятка,
6 — магнитопровод

Примером устройства трансформатора в однокорпусном исполнении может служить устройство трансформатора типа ТСД и СТН. Конструктивная схема которого показана на рис. 100.

Принцип действия регулятора (дросселя) в данном случае тот же — с помощью изменения воздушного зазора. Магнитопровод сварочного трансформатора состоит из двух сердечников — трансформатора и дросселя, которые связаны между собой. Сердечник дросселя имеет подвижный пакет, с помощью которого можно регулировать воздушный зазор, тем самым изменяя сварочный ток. В некоторых конструкциях подвижный пакет передвигается вручную, а с помощью специального электропривода. На сердечнике трансформатора имеются две первичные и две вторичные обмотки (обозначены — I и II). Каждая пара обмоток соединяется последовательно или параллельно, а соединение вторичной (II) и реактивной (III) обмоток встречное.

Обмотки трансформаторов типа СТН выполнены из медного или алюминиевого провода с выводами, армированными медью (модели СТН-500-2 и СТН-700-2 имеют алюминиевые обмотки).

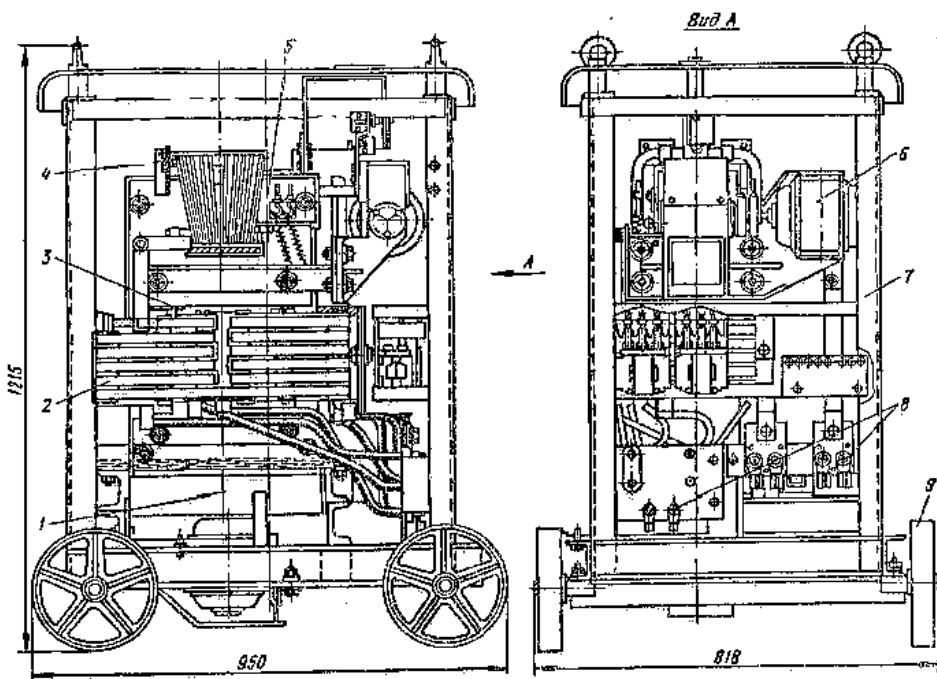


Рис. 101. Схема устройства трансформатора ТСД-1000-3:
 1 — вентилятор,
 2 — трансформаторная обмотка,
 3 — магнитопровод,
 4 — реактивная обмотка,
 5 — подвижной пакет магнитопровода,
 6 — механизм перемещения подвижного пакета,
 7 — станина,
 8 — зажимные панели,
 9 — ходовая часть

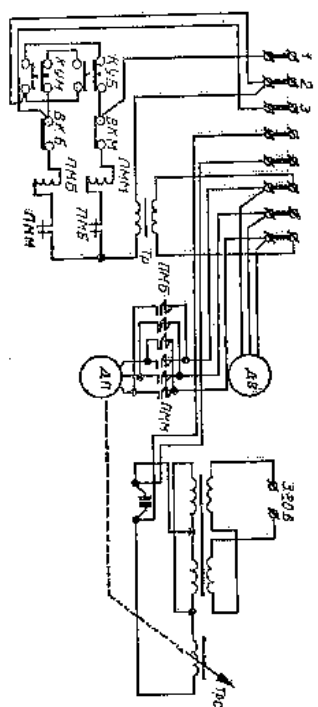


Рис. 102. Электрическая схема трансформатора ТСД-1000-3:
 Тр — понижающий трансформатор, КУБ, КУМ — кнопки дистанционного управления сварочным током — «Большее», «Меньшее», ПМБ, ПММ — магнитные пускатели, ДП — двигатель провода механизма перемещения пакета магнитопровода, ВКБ, ВКМ — конечные выключатели, ДВ — двигатель вентилятора, Трс — трансформатор сварочный

Однокорпусные трансформаторы более компактны, масса их меньше, чем у трансформаторов с отдельным дросселем. Могут быть при этом примерно одинакова.

К этому типу сварочных трансформаторов относятся, например, трансформаторы СТЗ-24У, СТЗ-34У (технические характеристики приведены в табл. 60).

Трансформаторы типа ТСД применяются для автоматической и полуавтоматической сварки. На рис. 101 показан общий вид трансформатора ТСД-1000-3, а на рис. 102 — его электрическая схема.

Трансформаторы этого типа (ТСД) имеют повышенное напряжение холостого хода, равное 75–85 В. Это необходимо для облегчения зажигания и стабилизации горения сварочной дуги при автоматической сварке под флюсом.

Трансформаторы типа ТСД имеют специальный электрический привод для обеспечения дистанционного регулирования

Таблица 60
Технические характеристики сварочных трансформаторов типа СТЭ и СТН

Параметр	Марка трансформатора				
	СТЭ-24У	СТЭ-34У	СТН-350	СТН-500	СТН-500-1
Номинальный режим работы (ПР), %	65	65	65	65	65
Напряжение холостого хода, В	65	60	70	60	60
Напряжение номинальное, В	30	30	30	30	30
Номинальная мощность, кВА	23	30	25	32	32
Интервал регулирования сварочного тока, А	100-500	150-700	80-450	150-700	150-700
Напряжение сети, В	220В, 380В	220В, 380В	220В, 380В	220В, 380В	220В, 380В
К.П.Д., %	83	86	83	86	86
Коэффициент мощности (cos γ)	0,5	0,53	0,5	0,54	0,52
Табличные размеры трансформатора, мм:					
длина	690	670	695	772	775
ширина	370	370	398	410	410
высота	660	660	700	865	1005
Масса трансформатора, кг	130	160	220	250	275
Масса регулятора, кг	62	100	-	-	-

Таблица 61
Технические характеристики сварочных трансформаторов типа ТСД

Параметр	Марка трансформатора		
	ТСД-500	ТСД-1000-3	ТСД-2000-2
Номинальный сварочный ток, А	500	1000	2000
Пределы регулирования сварочного тока, А	200-600	400-1200	800-2200
Номинальное напряжение, В	45	42	53
Напряжение холостого хода, В	80	69-78	77-85
Напряжение сети, В	220В, 380В	220В, 380В	380В
Номинальный режим работы (ПР), %	60	65	65
Номинальная мощность, кВА	42	76	180
К.П.Д., %	87	90	89
Коэффициент мощности (cos γ)	0,62	0,62	0,64
Табличные размеры:			
длина	950	950	1050
ширина	818	818	900
высота	1215	1215	1300
Масса, кг	445	540	670

сварочного тока. Перемещение подвижной части пакета магнетопровода осуществляется электродвигателем с редуктором; перемещение ограничивается конечными выключателями.

Технические характеристики сварочных трансформаторов марок СТЭ, СТН, ТСД приведены в табл. 60, 61.

§ 101. Трансформаторы с увеличенным магнитным рассеянием

К данному типу сварочных трансформаторов относятся трансформаторы с подвижными обмотками (марок ТС, ТСК, МД и т. д.) и трансформаторы с магнитными шунтами (марок ОСТА, СТАН и СПШ). Трансформаторы последнего подтипа в настоящее время не выпускаются.

Трансформаторы с подвижными обмотками

Сварочные трансформаторы с подвижными обмотками (сюда относятся трансформаторы типов ТК, СТК, ТД, ТДМ) применяются наиболее широко. Трансформаторы этого типа изготавливаются однофазными, стержневого типа. Имеют повышенную индуктивность рассеяния.

Катушки первичной обмотки у этих трансформаторов закреплены неподвижно, катушки вторичной обмотки подвижны. Изменяя расстояние между первичной и вторичной обмотками, регулируют величину сварочного тока. Наибольшая величина тока достигается при максимальном сближении катушек, наименьшая — при максимальном удалении.

На рис. 103 приведены общий вид трансформатора ТСК-500 со снятым кожухом и электрическая схема

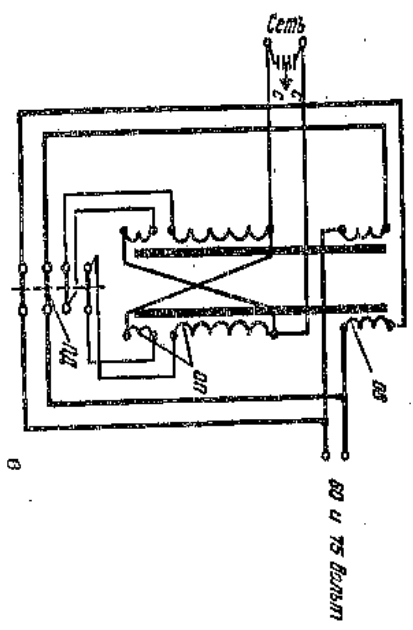
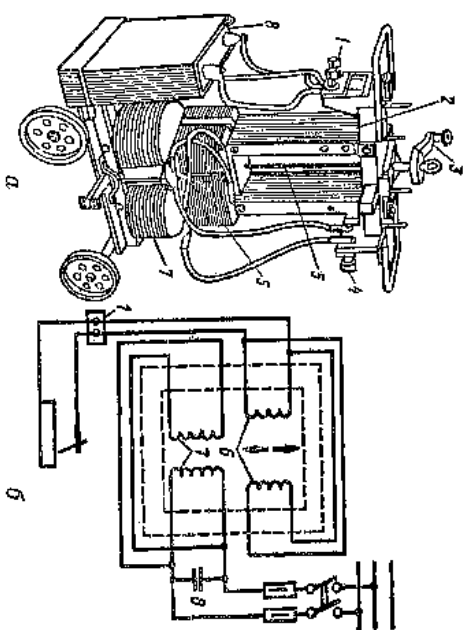


Рис. 103. Сварочные трансформаторы:
 а — конструктивная схема трансформатора ТСК-500 (кожух снят),
 б — его электрическая схема; 1 — сетевые зажимы для проводов,
 2 — сердечник (магнитопровод), 3 — рукоятка для регулирования тока,
 4 — зажимы для подсоединения сварочных проводов, 5 — ходовой ящик,
 6 — катушка вторичной обмотки, 7 — катушка первичной обмотки,
 8 — компенсирующий конденсатор (стрелками показано перемещение катушек для регулирования тока); 9 — параллельное соединение обмоток трансформатора ТД-500; ОП — первичная обмотка, ОС — вторичная обмотка, МД — переключатель диапазона токов, С — защитный фильтр от радиопомех

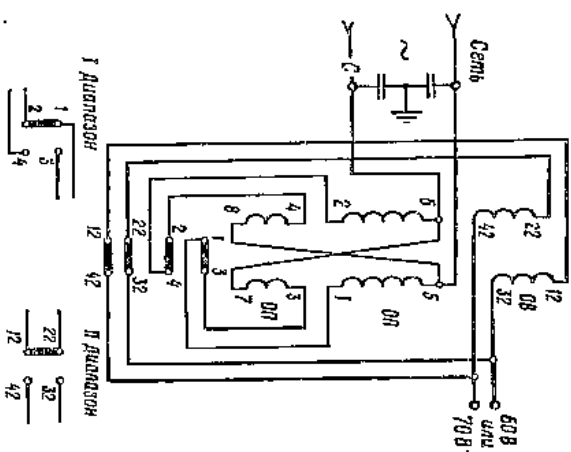


Рис. 104. Схема сварочного трансформатора типа ТД-500

включения. Регулирование сварочного тока осуществляется поворотом рукоятки 3, связанной с ходовым винтом 5, в результате чего изменяется расстояние между катушками первичной 7 и вторичной 6 обмоток. При повороте рукоятки по часовой стрелке катушки сближаются, магнитное рассеяние уменьшается и величина сварочного тока увеличивается.

Трансформатор снабжен емкостным фильтром для снижения радиопомех, которые возникают при сварке. Трансформаторы типа ТСК, в отличие от трансформаторов типа ТС, имеют компенсирующие конденсаторы 8, которые повышают коэффициент мощности (cos φ).

Электрическая схема трансформатора ТД-500 приведена на рис. 104. ТД-500 является трансформатором с повышенной индуктивностью рассеяния. Сварочный ток

также регулируется с помощью изменения расстояния между первичной и вторичной обмотками. Обмотки соединяют по две катушки, расположенные попарно на общих стержнях магнитопровода. Рабочий диапазон трансформатора имеет два интервала: первый (при полном параллельном включении катушек) обеспечивает

Таблица 62
Технические характеристики сварочных трансформаторов марки ТС

Параметры	Марка трансформатора	
	ТС-300	ТС-500
Номинальный сварочный ток, А	300	500
Пределы регулирования тока, А	110-385	165-650
Номинальное напряжение, В	30	30
Напряжение холостого хода, В	63	60
Напряжение сети, В	220, 380	220, 380
Номинальный режим работы (ПР), %	65	65
Номинальная мощность, кВА	20	32
К.П.Д., %	84	85
Коэффициент мощности (cos φ)	0,51	0,53
Габаритные размеры, мм:		
длина	76	840
ширина	520	575
высота	975	1060
Масса, кг	185	250

Технические характеристики сварочных трансформаторов марки ТСК

Таблица 63

Параметры	Марка трансформатора	
	ТСК-300	ТСК-500
Номинальный сварочный ток, А	300	500
Пределы регулирования тока, А	110-385	165-650
Номинальное напряжение, В	30	30
Напряжение холостого хода, В	63	60
Напряжение сети, В	380	220, 380
Номинальный режим работы (ПР), %	65	65
Номинальная мощность, кВА	20	32
К.П.Д., %	84	84
Коэффициент мощности (cos γ)	0,73	0,65
Габаритные размеры, мм:		
длина	760	840
ширина	620	575
высота	970	1060
Масса, кг	215	280

Технические характеристики сварочных трансформаторов марки ТД

Таблица 64

Параметры	Марка трансформатора	
	ТД-500	ТД-502
Номинальный сварочный ток, А	500	500
Пределы регулирования тока, А	85-720	85-720

Окончание табл. 64

Параметры	Марка трансформатора	
	ТД-500	ТД-502
Номинальное напряжение, В	30	40
Напряжение холостого хода, В	60-76	59-73
Напряжение сети, В	220, 380	220, 380
Номинальный режим работы (ПР), %	60	60
Номинальная мощность, кВА	32	26,6
К.П.Д., %	-	-
Коэффициент мощности (cos γ)	0,53	0,8
Габаритные размеры, мм:		
длина	570	570
ширина	720	720
высота	835	835
Масса, кг	210	230

Технические характеристики сварочных трансформаторов марки ТДФ

Таблица 65

Параметры	Марка трансформатора	
	ТДФ-1001	ТДФ-1601
Номинальное первичное напряжение, В	220 или 380	380
Частота, Гц	50	50
Вторичное напряжение холостого хода, В:		
1) при номинальном сварочном токе	68	95

Окончание табл. 65

Параметры	Марка трансформатора	
	ТДФ-1001	ТДФ-1601
2) при максимальном сварочном токе	71	105
Условное номинальное рабочее напряжение, В	44	60
Номинальное напряжение в зависимости от величины сварочного тока ($I_{св}$), В	$V_{св} = 20 + 0,04 I_{св}$	$V_{св} = 50 + 0,00625 I_{св}$
Номинальный сварочный ток, А	1000	1600
Пределы регулирования сварочного тока, А:		
1) на ступени «Малых» токов	400—700	600—1100
2) на ступени «Больших» токов	700—1200	100—1800
Ток в первичной обмотке, А:		
1) при исполнении трансформатора на 220 В;	360	—
2) при исполнении на 380 В.	220	480
Отношение продолжительности рабочего периода к продолжительности цикла (ПВ)	100%	100%
Потребляемая мощность, кВт	82	182
Коэффициент полезного действия, %	87	88
Общая масса, кг	740	1000

большие токи, второй (последовательное включение) предназначен для малых токов.

Кроме того, имеется возможность включения не всей первичной обмотки, а некоторой части ее витков, что позволяет повышать напряжение холостого хода. При

сварке на малых токах это благоприятно влияет на горение дуги.

Технические характеристики сварочных трансформаторов марок ТС, ТСК и ТД приведены в табл. 62—64.

Сварочные трансформаторы марок ТДФ-1001 и ТДФ-1601 применяются для питания дуги при автоматической сварке под флюсом. Технические характеристики этих трансформаторов приводятся в табл. 65.

В приложении приводятся основные неисправности сварочных трансформаторов и причины их возникновения.

§ 102. Сварочные преобразователи и сварочные агрегаты

Сварочные преобразователи и сварочные агрегаты служат источниками питания для сварки постоянным током.

Сварочный преобразователь состоит из генератора постоянного тока и приводного электродвигателя, сварочный агрегат — из генератора и приводного двигателя внутреннего статора. Таким образом, сварочные преобразователи и агрегаты различаются, в первую очередь, тем, что они имеют различные типы привода для генератора постоянного тока.

Сварочные преобразователи, как правило, оснащаются асинхронными трехфазными двигателями в однокорпусном исполнении. Сварочные преобразователи либо монтируются стационарно, либо имеют колеса для перемещения по цеху.

Сварочные агрегаты предназначены для работы в полевых условиях, а также в некоторых других случаях (например, при сильном колебании напряжения в электрической сети). Генератор и двигатель внутреннего статора

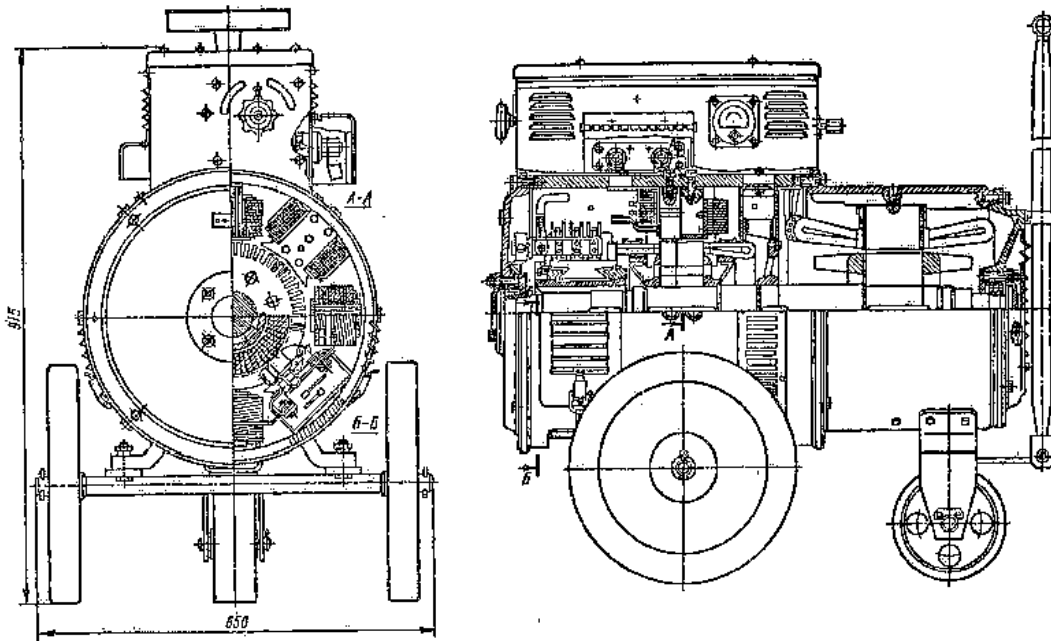


Рис. 105. Конструктивное оформление преобразователя ПСГ-500

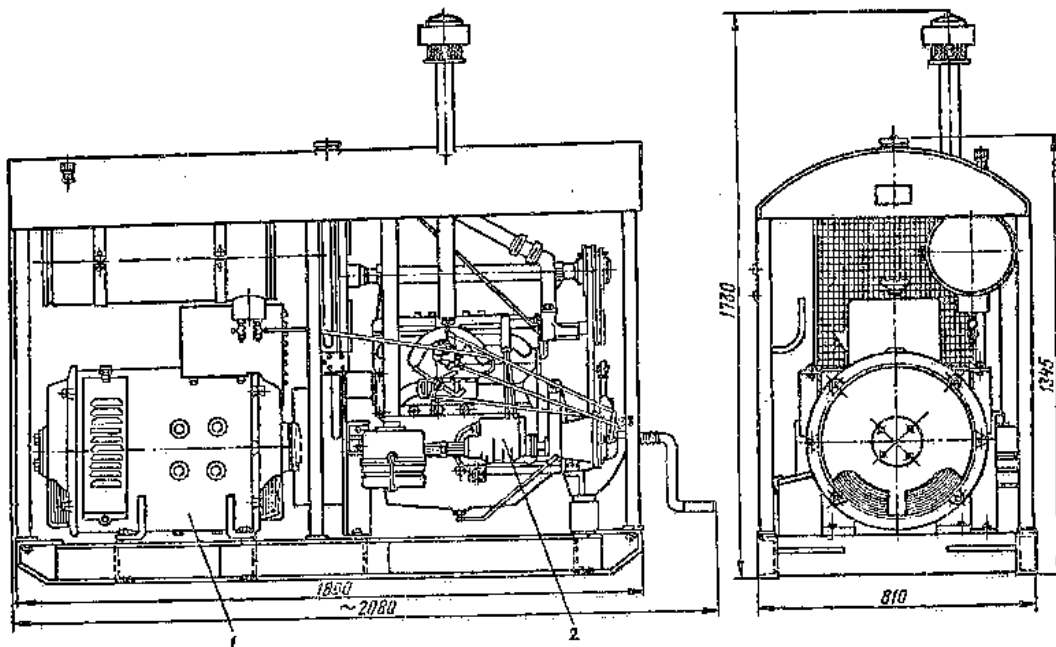


Рис. 106. Схема конструктивного исполнения сварочного агрегата АСБ-300:
1 — генератор, 2 — двигатель

Технические данные сварочных агрегатов с двигателями внутреннего сгорания

Тип агрегата	Исполнение	Масса, кг	Генератор					Двигатель		
			Тип	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток, А	Пределы регулирования сварочного тока, А	Конструкция	Тип	Скорость вращения, об/мин	Мощность, л.с.
АСВ-300-2	Двухмашинный на раме	850	ГСО-300	30	300	75-320	С самовозбуждением и размагничивающей последовательной обмоткой	ГАЗ-МК	1500	30
АСД-300-2	То же	850	ГСО-300	30	300	75-320	То же	5Д4-4-8,5/11	1500	20
АСДП-500	Двухмашинный на прицепе	5000	СПП-3-VIII	40	500	120-600	То же	ЯАЗМ-204г	1500	60
АДП-306	На раме	724	ГСО-300	30	300	75-320	То же	-	2000	-

Окончание табл. 66

Тип агрегата	Исполнение	Масса, кг	Генератор					Двигатель		
			Тип	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток, А	Пределы регулирования сварочного тока, А	Конструкция	Тип	Скорость вращения, об/мин	Мощность, л.с.
АДД-305	То же	950	ГД-310	32,6	315	60-350	То же	Д-37Е	1600	40
САМ-300	То же	635	ГСО-300М	30	300	75-400	То же	П-62М	1500	20
АДБ-309	То же	750	ГД-303	32	315	15-350	То же	320-01	2000	40
ПАС-400	То же	1800	СГА-3-IV	40	500	120-500	То же	Зил-164	1600	65
АДБ-318	То же	720	ГД-312	32	315	60-350	То же	320-01	2000	40

(бензиновый или дизельный) устанавливаются на общей раме без колес, на колесах или на катках. Иногда агрегаты монтируются в кузове автомашины или на тракторе.

Выпускаются различные сварочные агрегаты, например, агрегат СДУ-2, смонтированный на базе трактора Т-100М, или агрегат ПАС-400-VIII, имеющий генератор СПТ-3-VI и двигатель ЗИЛ-164, смонтированные на общей раме, агрегат АСВ-300-7, с генератором ГСО-3-5 и бензиновым двигателем ГАЗ-320 и т. д.

На рис. 105 и 106 приведены конструктивные исполнения сварочного преобразователя ПСГ-500 и сварочного агрегата АСВ-300. Технические характеристики сварочных агрегатов приведены в табл. 66.

Сварочные генераторы бывают однофазовыми и многофазовыми, для одновременного питания нескольких сварочных постов. Большая часть генераторов имеет падающую внешнюю характеристику, но выпускаются и генераторы с жесткой характеристикой, а также универсальные генераторы, при переключении обмоток или регулирующих устройств которых можно получать различные типы характеристик (падающие, жесткие или полого падающие).

Устройство сварочных генераторов

Выпускаются сварочные генераторы следующих типов:

- генераторы с расщепленными полюсами;
 - генераторы с независимым возбуждением и размагничивающей последовательной обмоткой;
 - генераторы с намагничивающей параллельной и размагничивающей последовательной обмотками возбуждения.
- На рис. 107 показаны принципиальная схема и характеристики генератора с независимым возбуждением и размагничивающей последовательной обмоткой.

Генератор имеет две обмотки возбуждения: независимую (обозначена буквой Н) и последовательную С, которую располагаются на разных полюсах. В цепь независимой обмотки Н включен реостат РТ. Последовательная обмотка изготавливается из шины большого сечения, так как в ней протекает значительный сварочный ток. Обмотка С имеет отвод от части витков.

Магнитный поток последовательной обмотки направлен противоположно магнитному потоку, создаваемому независимой обмоткой возбуждения. В результате взаимной индукции этих потоков получается результирующий поток. На холостом ходе генератора последовательная обмотка не работает.

Напряжение холостого хода определяется током в обмотке возбуждения генератора. Это напряжение можно регулировать при помощи реостата РТ.

При наличии нагрузки в последовательной обмотке появляется сварочный ток, который создает магнитный поток противоположного направления. С увеличением сварочного тока этот магнитный поток также увеличивается, следовательно напряжение уменьшается. Таким образом, создается падающая внешняя характеристика генератора.

Сварочный ток можно регулировать двумя способами: реостатом в цепи независимой обмотки (главное регулирование) и переключением числа витков размагничивающей обмотки (ступенчатое регулирование).

Генераторы с параллельной намагничивающей и последовательной размагничивающей обмотками возбуждения являются разновидностью генераторов с самовозбуждением.

Как видно из рис. 107, 108, генератор имеет на основных полюсах две обмотки: намагничивающую Н и размагничивающую С. Ток в намагничивающей обмотке Н

Рис. 107. Генератор с независимым возбуждением и размагничивающей последовательной обмоткой:

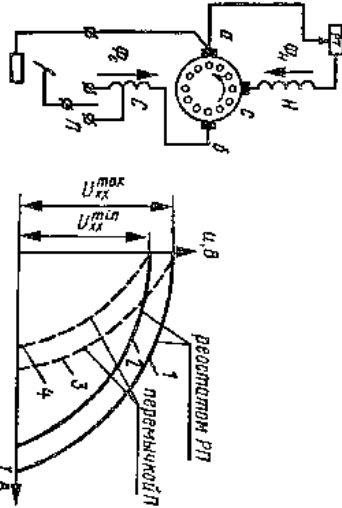
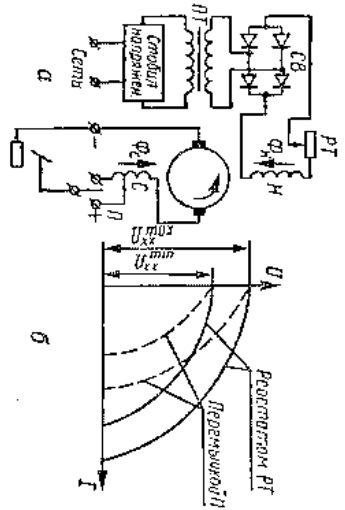


Рис. 108. Генератор с самовозбуждением и размагничивающей последовательной обмоткой:

создается самим генератором, для чего служит третья щетка, обозначенная малой буквой с и расположенная на коллекторе посередине между основными щетками а и б. За счет встречного включения обмоток создается падающая внешняя характеристика. Сварочный ток плавно регулируется реостатом РТ в цепи обмотки самовозбуждения ступенчато-переключателем П.

Генератор с расщепленными полюсами не имеет последовательной обмотки (рис. 109), расположенные полю-

сов отгибается от их расположения в обычных генераторах постоянного тока. Магнитные полюса не чередуются (южный — северный и т. д.), а одинаковые полюса располагаются рядом (два северных, два южных); полюса, расположенные горизонтально, называются главными (N_1), вертикальные — поперечными (N_2).

В главных полюсах N_2 сделаны вырезы, уменьшающие их поперечное сечение для полного насыщения магнитным потоком уже при холостом ходе. Поперечные полюса работают при неполном насыщении на всех режимах.

При нагрузке в обмотке якоря появляется ток, создающий магнитный поток якоря, подмагничивающий главный полюса и размагничивающий поперечные. С увеличением сварочного тока магнитный поток якоря увеличивается, что приводит и к возрастанию его размагничивающего действия на поперечных полюсах. Это вызывает уменьшение рабочего напряжения и, таким образом, создается падающая внешняя характеристика генератора.

Рис. 109. Генератор с расщепленными полюсами:

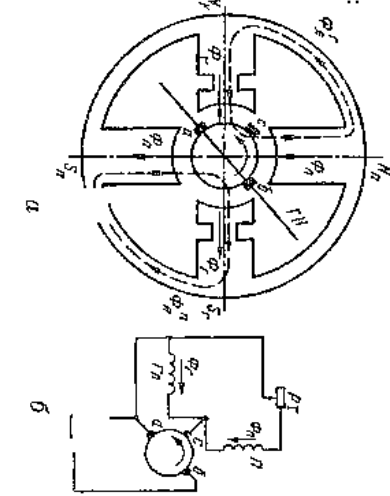


Таблица 67
Технические данные преобразователей
типа ПСО-120, ГД-502, ПСО-500, ПСО-315М

Параметры	Тип преобразователя			
	ПСО-120	ПСО-315М	ГД-502	ПСО-500
Тип генератора	ГСО-120	—	—	ГСО-500
Номинальное напряжение, В	25	32	40	40
Напряжение холостого хода, В	48-65	80	90	55-90
Номинальный сварочный ток (ПР-60%), А	120	315	500	500
Пределы регулирования тока, А	30-120	115-315	15-500	120-600
Мощность электродвигателя, кВт	4	17	—	28
Напряжение питающей сети, В	220-380	220/380	229-380	220-380
К.П.Д., %	46	—	62	59
Коэффициент мощности (cos ϕ)	0,88	—	—	0,9
Масса, кг	155	310	400	540
Исполнение	Одно-корпусный на колесах	Одно-корпусный на колесах	Одно-корпусный	Одно-корпусный на колесах

Основное регулирование сварочного тока производится реостатом, который включен в цепь поперечной обмотки возбуждения.

Генераторы с независимой обмоткой возбуждения и размагничивающей последовательной обмоткой приме-

Таблица 68
Технические данные преобразователей
типа ПСГ-350, ПСГ-500

Параметры	Тип преобразователя	
	ПСГ-350	ПСГ-500
Тип генератора	ГСГ-350	ГСГ-500
Номинальное напряжение, В	350	50-500
Напряжение холостого хода, В	30	35
Номинальный сварочный ток (ПР-60%), А	15-35	15-40
Пределы регулирования тока, А	АВ-61/2	АВ-71/2
Мощность электродвигателя, кВт	14	28
Напряжение питающей сети, В	220-380	220-380
К.П.Д., %	63	65
Коэффициент мощности (cos ϕ)	0,88	0,86
Масса, кг	400	500
Исполнение	Однокорпусный на колесах	Однокорпусный на колесах

няются в сварочных преобразователях ПСО-120, ПСО-300А, ПСО-500, ПСО-800, ПС-1000, АСО-2000; генераторы с параллельной намагничивающей и последовательной размагничивающей обмотками — в преобразователях ПС-300, ПСО-300М, С-300-1, ПС-500, САМ-400. Генераторы с респелленными полюсами устанавливаются, например, в сварочных преобразователях СУГ-2РУ, ПС-300М и других.

Таблица 69
Технические данные сварочных преобразователей типа
ПСО-300, ПСО-500, ПС-500-11

Параметры	Тип преобразователя		
	ПСО-300	ПСО-500	ПС-500-11
Тип генератора	ПСО-300	ПСО-500	ПС-500-11
Номинальный сварочный ток (I _р -60%), А	300	500	500
Пределы регулирования тока, А	75-320	120-600	120-600
Номинальное напряжение, В	30	40	40
Напряжение холостого хода, В	55-80	60-90	60-90
Тип электродвигателя	Ав-62-4	А-72-4	А-72/4
Мощность электродвигателя, кВт	14	28	28
Напряжение питающей сети, В	220/380	220/380	220/380
К.П.Д., %	52	55	55
Коэффициент мощности (cos γ)	0,88	4,86	0,8
Масса, кг	400	940	90
Исполнение	Однокорпусный на колесах	Однокорпусный на колесах	Однокорпусный на колесах

В табл. 67-69 приводятся технические характеристики и различные типов сварочных преобразователей.

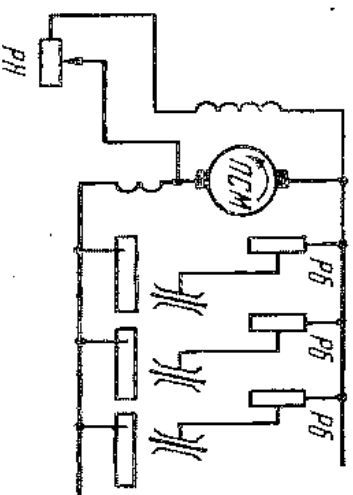


Рис. 110. Принципиальная схема многопостового генератора:
PH — реостат регулирования напряжения, P5 — балластный реостат

§ 103. Многопостовые сварочные преобразователи

Многопостовые преобразователи предназначены для одновременного питания током нескольких сварочных постов. При этом используется мощный преобразователь с жесткой внешней характеристикой.

Чтобы получить падающую характеристику на каждом из сварочных постов, сварочная дуга включается последовательно через балластный реостат (рис. 110).

Как видно из рисунка, многопостовой преобразователь состоит из генератора постоянного тока и асинхронного электродвигателя привода. Напряжение, которое создает генератор, регулируется реостатом, включенным в цепь параллельной обмотки возбуждения.

Количество сварочных постов, которые можно подключить к многопостовому преобразователю, можно определить по следующей формуле:

$$N = \frac{I}{K \cdot I_0}$$

где N — количество постов, I — номинальный ток генератора, I_0 — наибольший ток потребления одного сварочного поста, K — коэффициент одновременности работы постов. Этот коэффициент в расчетах принимаюг равным 0,6—0,05. *Пример.* Определить количество сварочных постов, которые можно подключить к многопостовому сварочному генератору с номинальным током 1000 А, если максимум генератора с номинальным током равен 300 А. Принимаем $K = 0,6$.

$$N = \frac{1000}{300 \cdot 0,6} = 5,6.$$

Принимаем количество постов равным 5.

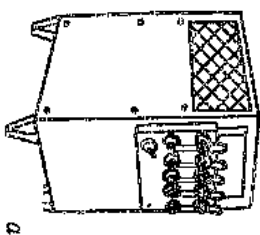
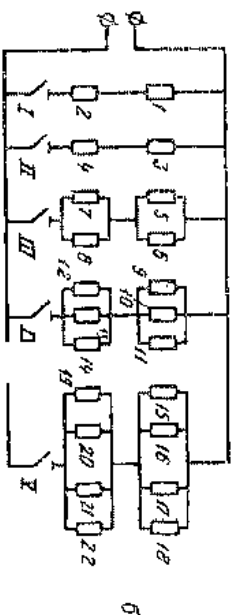


Рис. 111. Балластный резистор типа РВ:
а — внешний вид, б — принципиальная
схема; 1—22 — сопротивлений;
I—V — рубильники



Балластные резисторы. На рис. 111 показана электрическая схема балластного резистора типа РВ.

Балластный резистор предназначен для создания на каждом посту падающей внешней характеристики и регулирования сварочного тока. Резистор РВ позволяет регулировать ток в широких пределах — имеется 20 ступеней (ступенчатое регулирование).

Как видно из схемы, резистор содержит 5 ступеней сопротивления, которые могут выключаться рубильниками в самых разных сочетаниях.

В табл. 70 приведены характеристики наиболее распространенных балластных резисторов типа РВ.

Таблица 70

Основные характеристики
балластных резисторов типа РВ

Параметры	Марка резистора		
	РВ-201	РВ-301	РВ-501
Минимальный сварочный ток, А	10	15	25
Максимальный сварочный ток, А	200	300	500
Шаг регулирования, А	10	15	25

§ 104. Сварочные выпрямители

Сварочные выпрямители представляют собой устройства, в которых при помощи полупроводниковых элементов переменный ток преобразуется в постоянный и которые используются для питания сварочной дуги.

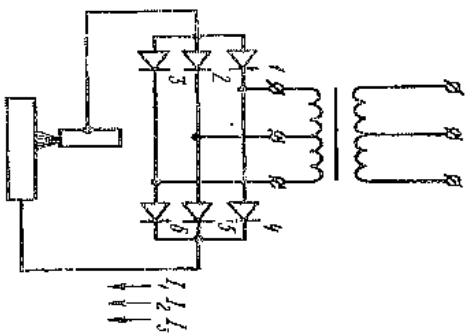


Рис. 112. Трехфазная схема выпрямления переменного тока: 1-6 — полупроводниковые вентили (диоды)

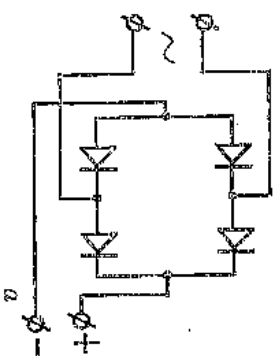
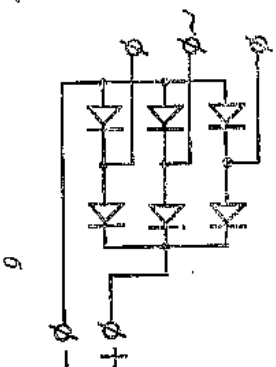
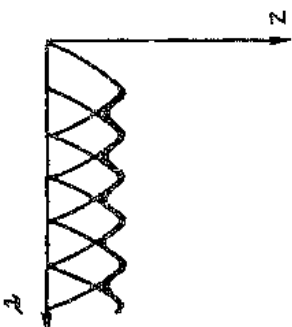


Рис. 113. Принципиальные типовые схемы выпрямителей: а — однофазная мостовая, б — трехфазная мостовая



Типовая электрическая схема сварочного выпрямителя приведена рис. 112. Сварочный выпрямитель состоит из двух основных частей: понижающего трансформатора (как правило, трехфазного) с устройством для регулирования тока или напряжения (кремниевых или селеновых вентилей (диодов)). Кроме того, сварочные выпрямители обычно снабжены вентилятором для воздушного охлаждения и зырямительного блока. Вырямительный блок может быть собран по двум



наиболее распространенным схемам: однофазной мостовой или трехфазной мостовой (рис. 113). Чаще всего применяется трехфазная мостовая схема выпрямления, обеспечивающая более устойчивое горение сварочной дуги, более равномерную загрузку всех трех фаз силовой сети и лучшее использование трансформатора.

Таблица 71
Технические характеристики выпрямителей серии ВД

Выпрямитель	ВД-201	ВД-306	ВД-401
Номинальный сварочный ток, А	200	315	400
Диапазон регулирования тока, А	30-200	45-315	50-450
Номинальное рабочее напряжение	28	33	36
Первичная мощность	15	21	28
К.П.Д.	60%	72%	69%
Масса, кг	120	164	200
Габариты, мм:			
Длина	715	785	772
Ширина	622	780	770
Высота	775	795	785

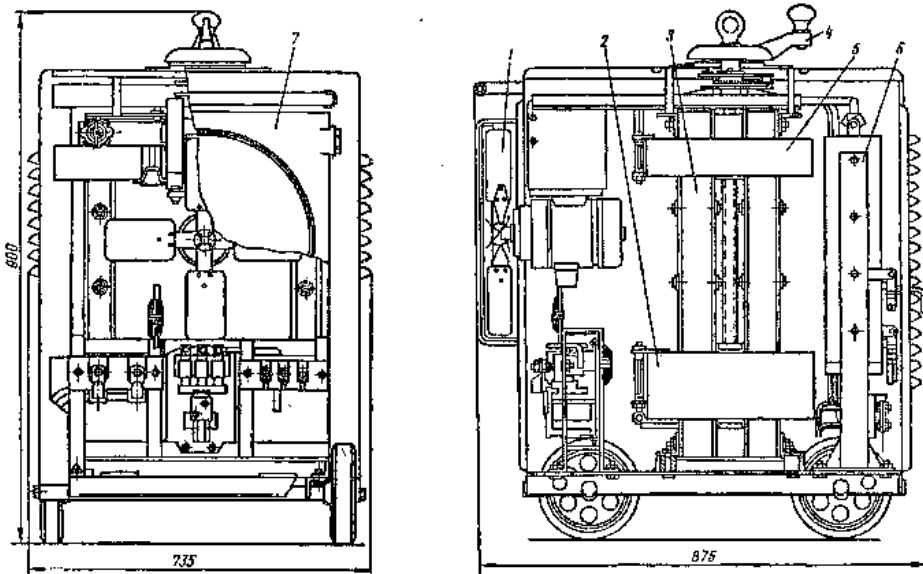


Рис. 115. Конструктивное исполнение сварочного выпрямителя ВСС-300:
 1 — вентилятор, 2 — неподвижная обмотка, 3 — магнитопровод трансформатора, 4 — рукоятка с механизмом перемещения подвижной обмотки трансформатора, 5 — подвижная обмотка трансформатора, 6 — блок селеновых выпрямителей, 7 — кожух

Таблица 72
 Технические характеристики выпрямителей
 типа ВС-632 и ВДГ-303

Параметр	ВС-632	ВДГ-303
Номинальный сварочный ток, А	630	315
Диапазон регулировки тока, А	100-630	50-315
Номинальное напряжение, В	50	40
Диапазон регулировки напряжения, В	20-50	16-40
Первичная мощность, кВт	46	21
К.п.д.	88%	76%
Масса, кг	380	220
Габариты, мм:		
Длина	750	723
ширина	880	593
высота	1200	938

Таблица 73
 Технические характеристики выпрямителей
 типа ВСЖ-303, ВСЖ-303-В

Параметр	ВСЖ-303	ВСЖ-303-В
Номинальный сварочный ток, А	315	315
Диапазон регулировки тока, А	50-315	50-315
Номинальное напряжение, В	34	34
Диапазон регулировки напряжения, В	16-34	16-34
Первичная мощность, кВт	20	16
К.п.д.	76%	75%

Окончание табл. 73

Параметр	ВЭС-303	ВЭС-303-В
Масса, кг	200	180
Габариты, мм		
Длина	600	650
Ширина	650	650
Высота	900	900

Таблица 74
Технические характеристики многопостовых выпрямителей

Параметр	Тип выпрямителя	
	ВМ-1201	ВМ-6301
Номинальный сварочный ток, А	1250	630
Номинальное рабочее напряжение, В	60	60
Продолжительность нагрузки (ПН)	100%	100%
Первичная мощность, кВА	95	47
Масса, кг	380	200
Габариты, мм	1050x700x350	700x600x600
Число сварочных постов	8	4
Номинальный сварочный ток поста	315	315
Продолжительность нагрузки (ПН)	60 %	60 %
Диапазон регулирования тока поста, А	15-315	15-315

При работе выпрямителя по трехфазной схеме в каждый момент времени ток проводится только двумя элементами, соединенными с нагрузкой последовательно. В результате в течение одного периода получается шесть пульсаций тока (рис. 114).

Сварочные выпрямители рассчитаны обычно на получение либо жесткой и полупроводящей внешней характеристики, либо крутопадающей. Выпускаются также универсальные выпрямители, обеспечивающие падение, жесткие и полупроводящие вольт-амперные характеристики.

В табл. 71-74 приведены технические характеристики ки сварочных выпрямителей различных типов, а на рис. 115 — устройство сварочного выпрямителя ВЭС-300.

§ 105. Осцилляторы и импульсные возбудители дуги

Осцилляторы и импульсные возбудители дуги применяются для облегчения зажигания дуги и повышения устойчивости ее горения.

Осцилляторы являются устройствами, преобразующими ток промышленной частоты (50 Гц) и невысокого напряжения в ток высокой частоты (150000-500000 Гц) и высокого напряжения (ингода до 6000 В), вызованное которого на ток в сварочной цепи облегчает возбуждение дуги и стабилизирует ее горение.

Осцилляторы применяются главным образом при аргоно-дуговой сварке несплавлением электродами и при сварке покрытыми электродами с низкими ионизирующими свойствами покрытий.

На рис. 116 приведена упрощенная электрическая схема сварочного осциллятора.

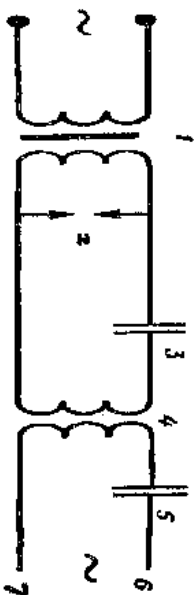


Рис. 116. Электрическая схема сварочного осциллятора

Осциллятор состоит из повышающего трансформатора 1, благодаря которому на дугу может подаваться напряжение 400–3000 В. Повышенная частота тока создается колебательным контуром, который состоит из индуктивности 4, разрядника 2 и конденсатора 3. Далее от колебательного контура через защитный конденсатор 5 напряжение подается на электроды по гибкому высоковольтному проводу.

Защитный высокочастотный конденсатор 5 предохраняет сварщика от поражения электрическим током высокого напряжения и низкой частоты в случае неисправности колебательного контура.

Осцилляторы подключаются к питающей сети напряжением 220 В и к вторичным клеммам сварочного трансформатора. Два провода, которые выходят от осциллятора, подключаются к электрододержателю (провод 6) и к свариваемому изделию 7.

Импульсные возбудители дуги подают синхронизированные импульсы повышенного напряжения на сварочную дугу переменного тока в момент изменения полярности (т. е. в момент перехода через ноль). Это позволяет облегчить повторное зажигание дуги и снизить напряжение холостого хода сварочного трансформатора до 40–50 вольт.

Импульсные возбудители дуги могут включаться как последовательно, так и параллельно со сварочными установками.

Импульсные возбудители дуги более устойчивы в работе, чем осцилляторы, не создают радиопомех, но из-за невысокого напряжения (200–300 В) не обеспечивают зажигания дуги без соприкосновения электрода с изделием. Осцилляторы же возбуждают сварочную дугу без предварительного замыкания электрода с изделием (на расстоянии 1–3 мм), поэтому их целесообразно применять при сварке на малых токах.

§ 106. Транзисторные и тиристорные выпрямители для сварочных работ

В полупроводниковых аппаратах типа АЦ регулирование тока осуществляется транзисторами, которые включены в сварочную цепь последовательно с выпрямителем.

Сварочный ток регулируется изменением тока управления транзисторов; ток регулируется плавно и безынерционно, причем он не зависит от колебаний напряжения в сети и от изменений напряжения на дуге.

Транзисторные выпрямители используются при сварке на малых токах неплавящимся электродом на постоянном или импульсном токе (особенно широко применяются для аргонодуговой сварки вольфрамовым электродом металлов небольшой толщины).

По сравнению с обычными сварочными выпрямителями транзисторные выпрямители более бесшумны в работе, так как напряжение холостого хода у них не превышает 40 В.

В табл. 75 даны характеристики нескольких типов транзисторных выпрямителей.

В тиристорных выпрямителях управление током осуществляется тиристорами — управляемыми полупроводниковыми вентильми. Тиристоры, в отличие от диодов, имеют три вывода, один из которых является управля-

Таблица 75
Технические характеристики транзисторных источников питания

Параметры	Тип источника питания		
	АП-4	АП-5	АП-6
Напряжение холостого хода, В	30-35	30-35	30-35
Номинальный сварочный ток, А	30	100	300
Пределы регулирования тока, А	0,5-30	1,5-100	5-300
Средняя потребляемая мощность, кВт	1,2	4,0	-
К.П.Д., %	50-70	50-70	50-70
Коэффициент мощности (cos ϕ)	0,8-0,9	0,8-0,9	0,8-0,9
Пределы регулирования длительности импульса, тока и паузы, сек	0,03-0,6	0,03-0,6	0,03-0,6
Время гашения дуги, сек	1-10	1-10	1-10
Напряжение питающей сети, В	220	220/380	220/380
Система охлаждения трансформатора	воздушно-принудительная	водяная	водяная

шим. Тиристоры служат как для выпрямления тока, так и для регулирования его величины.

Управление тиристорами осуществляется при помощи фазосдвигающего устройства, которое изменяют по фазе угол открывания тиристора по отношению к началу синусоиды напряжения питающей сети. Таким образом, регулируется среднее значение выпрямленного тока. Фазосдвигающее устройство имеет малую мощность, а соответственно и малые размеры и массу.

Для обеспечения питания сварочных постов выпускаются различные типы выпрямителей с тиристорным регулированием (например, ВДУ-504, ВДУ-505, ВДУ-601 и т. п.). Для оснащения установок плазменной резки выпускаются тиристорные выпрямители ВПТМ-500, ВПТМ-1000, ВПТМ-3000.

§ 107. Параллельное включение источников питания

Иногда требуемая величина рабочего тока (при сварке или резке) больше той, что можно получить от одного источника питания. В таких случаях применяют параллельное соединение двух и более источников питания.

Можно соединить параллельно сварочные трансформаторы, генераторы и выпрямители (параллельное соединение выпрямителей применяется редко).

При параллельном соединении источников питания следует соблюдать следующие основные требования:

— соединяемые источники питания должны быть одного типа и иметь одинаковые номинальные характеристики (величина сварочного тока, напряжение холостого хода, частота вращения двигателя и т. п.);

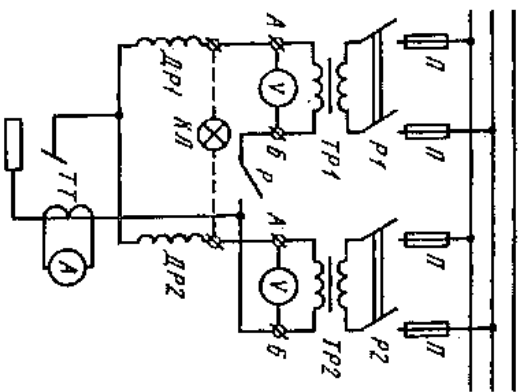
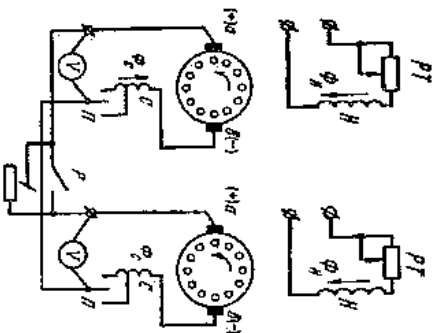


Рис. 118. Схема включения источника питания сварочного тока на параллельную работу;

Н — намагничивающие обмотки,
С — размагничивающие обмотки,
РТ — регулировочные реостаты,
Р — пусковой рубильник,
П — переключатель диапазонов

Рис. 117. Схема включения источника питания сварочного тока на параллельную работу: *ТР1* и *ТР2* — сварочные трансформаторы, *КЛ* — контрольная лампа, *ДР1* и *ДР2* — дроссели, *Т* — трансформатор тока, *Р1* и *Р2* — рубильники, *П* — предохранители



— внешние вольтамперные характеристики источника должны быть подобны друг другу;

— для контроля напряжения холостого хода и распределения токов в цепи каждого из источников необходимо установить вольтметр и амперметр;

— в цепи, которая соединяет клеммы низкого напряжения, должен устанавливаться рубильник, чтобы иметь возможность раздельной настройки напряжения холостого хода;

— первичные обмотки сварочных трансформаторов должны подключаться к одним и тем же проводам питающей сети;

— правильность соединения вторичных обмоток должна быть проверена контрольной лампой (при правильном подключении обмоток лампа не горит) (рис. 117);

— генераторы с самовозбуждением включаются с перекрестным соединением обмоток возбуждения (рис. 118) для того, чтобы избежать перехода тока от генератора с более высоким напряжением к генератору с низким напряжением (т. е. при таком переходе один из генераторов размагнитится).

В настоящее время промышленность выпускает много различных типов источников питания большой мощности, поэтому параллельное соединение источников применяется достаточно редко.

Вопросы для самопроверки

1. Перечислите требования к источникам питания сварочной дуги.
2. Какие характеристики источников питания вы знаете?
3. Какими бывают внешние характеристики источников питания?
4. Как регулируется ток в сварочных трансформаторах?
5. Что такое сварочные преобразователи и ардулаты?
6. Какие виды генераторов вы знаете?
7. Что такое осциллятор?
8. Объясните принцип действия импульсного возбуждателя дуги.
9. Какие внешние характеристики имеют сварочные выпрямители?

Глава 20. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СВАРОЧНЫХ АВТОМАТАХ И ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКЕ ПОД ФАУСОМ

§ 108. Общие сведения о сварочных аппаратах

В настоящее время широко распространена механизированная сварка. Это связано с тем, что такая сварка обладает высокой производительностью и хорошим качеством выполнения сварных швов.

Для механизированной (полуавтоматической) и автоматической дуговой сварки предназначены специальные сварочные аппараты (сварочные автоматы и полуавтоматы).

Сварочный полуавтомат включает сварочную горелку и механизм подачи электродной проволоки. Перемещение горелки осуществляется вручную.

Сварочный автомат также включает горелку и подающий механизм, но кроме этого, еще механизм для перемещения аппарата и средства автоматизации.

Таким образом, в сварочных полуавтоматах механизирована одна операция — подача сварочной проволоки, а в сварочных автоматах — две операции (подача проволоки и перемещение дуги по линии шва).

Сварочной установкой называют комплект из сварочного аппарата, источника питания и механизмов относительного перемещения аппарата или изделия.

Для обозначения сварочных аппаратов для дуговой сварки принята система из буквенно-цифровых символов. Первые две буквы означают вид аппарата и способ сварки (А — автомат, П — полуавтомат, У — установка, Д — дуговая сварка). Третья буква (а иногда и четвертая) означает разновидность защиты сварочной дуги. Здесь используются следующие обозначения:

Глава 20. Общие сведения о сварочных автоматах...

Ф — сварка под флюсом;

И — сварка в инертных газах;

Г — сварка в активных защитных газах;

ФГ — флюсогазовая защита сварочной дуги;

О — сварка открытой дугой.

В связи с тем, что сварочные полуавтоматы используются, как правило, для сварки в среде защитных газов, третья буква в их обозначении часто опускается.

Более за буквами в обозначении стоят три цифры. Первая цифра означает номинальный сварочный ток в сотнях ампер, вторая и третья цифры — модификацию аппарата. Далее могут быть дополнительные буквенно-цифровые символы, означающие тип климатического исполнения и т. д. Приведем некоторые примеры обозначений:

— ППГ-302 — полуавтомат для дуговой сварки, номинальный сварочный ток 300 А;

— УПГ-301 — установка для дуговой сварки с газовой защитой сварочной дуги и т. д.

Сварочные аппараты для других видов электрической сварки имеют другую систему обозначения.

Полуавтоматы для дуговой сварки плавлением электрического тока классифицируются по следующим признакам:

— назначению (стационарные, передвижные, переносные, ранцевые, специализированные);

— способу защиты сварочной дуги;

— способу охлаждения сварочной горелки (с естественным охлаждением, с принудительным охлаждением);

— способу регулирования скорости подачи сварочной проволоки (плавное, ступенчатое и комбинированное регулирование).

Устройство сварочных полуавтоматов рассматривается в следующем параграфе. Более подробные сведения о сварочных автоматах можно найти, например, в книге В. И. Масова «Сварочные работы» (М., 2000).

§ 109. Устройство полуавтоматов для дуговой сварки

На рис. 119 приведена схема сварочной установки в защитном газе. Установка состоит из следующих основных узлов:

- источника питания дуги и электромотора полуавтомата;
- сварочной горелки;
- подающего механизма сварочной проволоки;

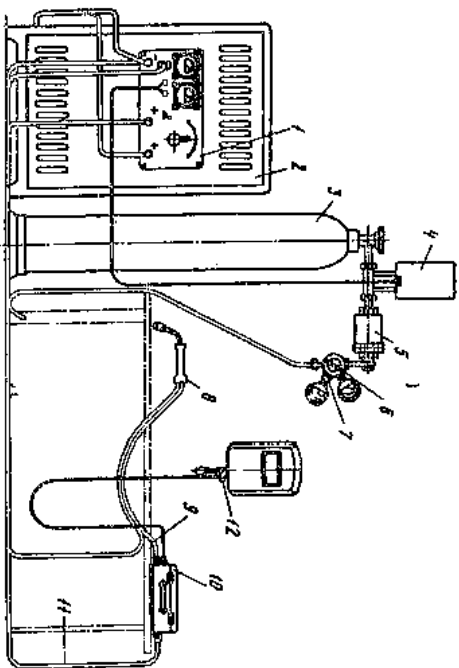


Рис. 119. Общая схема установки полуавтомата А-547У для сварки в защитном газе:

- 1 — пульт управления, 2 — источник питания дуги и электромотора полуавтомата, 3 — баллон с газом, 4 — электроподогреватель газа, 5 — осушитель газа, 6 — редуктор, 7 — расходомер, 8 — горелка, 9 — шланг для подачи проволоки, 10 — чехол с подающим механизмом и катушкой для проволоки, 11 — сварочный провод, 12 — кнопка «Пуск» для подачи напряжения от источника питания для дуги и мотора полуавтомата, находящаяся на шланге сварщика

— гибкого шланга для подачи проволоки;

— газовой аппаратуры.

Существуют три типа подающих механизмов сварочной проволоки: тянущего, толкающего и универсального (тянуще-толкающего). Подающий механизм включает электромотор, подающие ролики и коробку скоростей.

Гибкий шланг состоит из проволоочной спирали с легкой и резиновой оболочкой. По внутреннему каналу этой оболочки проходит электродная проволока. Как правило, сварочный ток, защитный газ и охлаждающая вода подаются отдельно. Существуют также комбинированные шланги, в которых кроме электродной проволоки в одной оболочке проходят токопроводящий провод, защитный газ и охлаждающая вода. Имеются также провода пещи управления полуавтоматом.

Длина шланга не должна превышать некоторой длины — от 1 метра до 3,5 метров для различных типов подающих механизмов. В противном случае возникает неравномерность подачи электродной проволоки в зону сварки. Рабочим органом сварочного полуавтомата является сварочная горелка, с помощью которой в сварочную зону подается электродная проволока, флюс или защитный газ (рис. 120). На рукоятке горелки имеется кнопка включения механизма подачи проволоки. Этой же кнопкой обычно включается газовый клапан.

Вылет сварочной проволоки (т. е. расстояние между изделим и точкой подвода электрического тока) имеет важное значение. Если вылет сварочной проволоки больше необходимого, увеличивается разбрызгивание электродного металла и нарушается процесс сварки. При слишком малом вылете проволоки подгорает наконечник сварочной горелки. Для обеспечения постоянства вылета сварочной проволоки и надежности работы наконечник имеет один

или два сапожка (рис. 121). В изогнутых наконечниках используется один контактный сапожок, в прямых наконечниках — два.

В табл. 76 приведены технические данные некоторых горелок для механизированной сварки.

Для сварки в среде защитных газов сварочный пост обеспечивается также набором газовой аппаратуры, который включает:

- баллон с защитным газом, инертным газом или несколько баллонов, если используется смесь газов ($Ar + CO_2 + O_2$);
- осушитель;
- подогреватель;
- смеситель газов;
- регуляторы с манометрами для точного дозирования каждого газа;
- отсекающий газ (электромагнитный клапан для автоматического управления подачей газа).

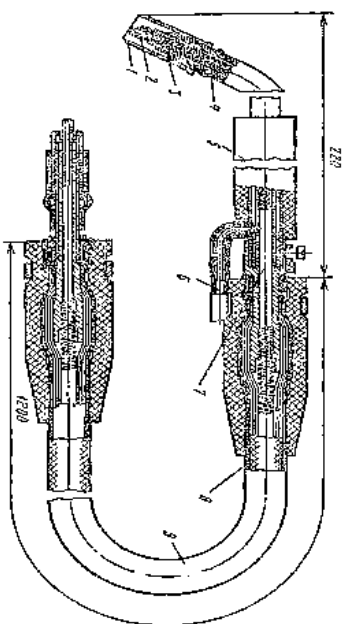


Рис. 120. Горелка легкого типа полуавтомата А-547У:
1 — сопло, 2 — токоподвод, 3 — отверстие выхода газа, 4 — спираль, 5 — ручка, 6 — подвод газа, 7 — зажим держателя, 8 — токоподводящая оплетка, 9 — шланг для подачи проволоки и сварочного тока

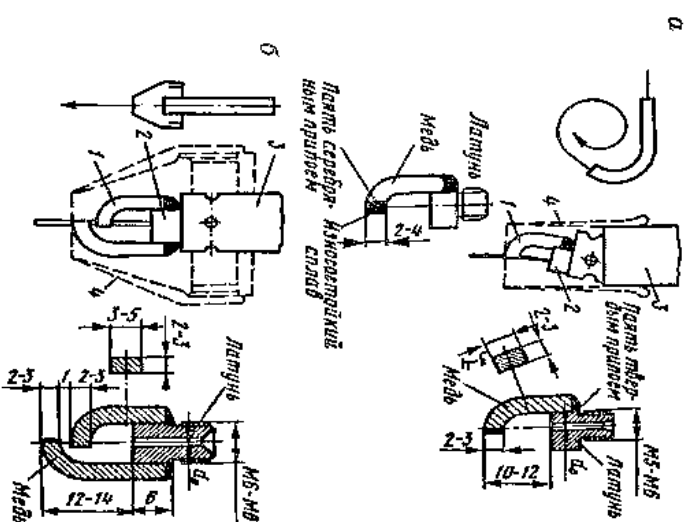


Рис. 121. Контакты держателя для изогнутой (а) и прямой (б) мундштуков при сварке проволокой 0,5—1,2 мм:
1 — контактный сапожок, 2 — наконечник, 3 — мундштук, 4 — сопло

Все газы находятся в баллонах в сжатом состоянии, под высоким давлением. Исключение составляет углекислый газ, который находится в баллоне в жидком состоянии в виде кислоты.

Осушитель газа поглощает влагу из углекислого газа. В качестве осушающего вещества в них используется медный купорос или силикагель.

Таблица 76

Некоторые технические характеристики горелок для механизированной сварки

Тип горелки	Диаметр электродной проволоки, мм	Номинальный сварочный ток, А
ГДПР-101-8	0,8-1,2	160
ГДПР-101-9	0,8-1,2	160
ГДПР-102	1,2-1,6	160
А-547	1,0-1,2	250
ГДПР-301-6	1,2-1,4	315
ГДПР-301-7	0,8-1,4	315
А-1231-4	1,6-2,0	400
ИПД-401	1,2-1,6	400
ИПД-402	1,2-1,6	400
ИПД-501-4	1,6-2,0	500
А-1231-5	1,6-2,0	500
ИПД-501	1,4-2,0	500
ИПД-502	1,4-2,0	500
ГДПР-603	1,6-2,5	630

Таблица 77

Технические характеристики некоторых марок сварочных полуавтоматов

Марка полуавтомата	Номинальный сварочный ток, А	Диаметр электродной проволоки, мм	Скорость сварки, м/ч	Масса механизма, кг	Разновидность сварки
ПДР-508	500	1,2-2,0	110-970	26	Сварка малоуглеродистых и констативных сталей в углекислом газе
ПДР-312	315	1,0-1,4	75-950	13	Сварка малоуглеродистых сталей в CO ₂

Окончание табл. 77

Марка полуавтомата	Номинальный сварочный ток, А	Диаметр электродной проволоки, мм	Скорость сварки, м/ч	Масса механизма, кг	Разновидность сварки
ПДР-515	500	1,2-2,0	75-950	13	Сварка малоуглеродистых и низколегированных сталей в CO ₂
ПДР-502	500	1,6-3,0	120-1000	20	Сварка под флюсом арматурной стали
ПДР-516	500	1,2-2,0	100-950	16	Сварка малоуглеродистых сталей в CO ₂
ПДО-517 (А-765)	500	2,0-3,0	100-750	29	Сварка порошковой проволокой открытой дугой
ПДР-603	630	1,2-3,0	100-1000	16	Сварка сплюсненной и порочковой проволокой в CO ₂
ПДИ-304	315	1,2 2,0	80-950	13	Сварка алюминия в инертных газах

Управление отсекаемым газом осуществляется с пусковой кнопкой полуавтомата. Управление подачей газа осуществляется таким образом, чтобы перед зажиганием дуги произошло вытеснение защитной газовой среды, а после гашения дуги защитная среда сохранялась до полного остывания металла.

Некоторые технические характеристики универсальных сварочных полуавтоматов

Таблица 78

Марка полуавтомата	Диаметр электродной проволоки, мм	Номинальный ток, А	Скорость подачи электродной проволоки, м/ч	Длина гибкого шланга, м	Масса подающего устройства, кг
ПШ-112	1,6-3,2	500	75-750	3,0	23
A-765	1,6-3,0	450	115-750	3,0; 4,0	52
A-1197	1,6-3,5	500	90-990	3,0; 4,0	35
A-1234	0,8-1,2	200	90-350	1,5; 2,5	10
A-1660	1,6-2,0	400	100-1000	3,0	42

Сварка в различных пространственных положениях производится на разных режимах, а изменение режима вручную снижает много времени и облегчает сварщика. Поэтому некоторые сварочные полуавтоматы снабжаются устройствами для дистанционного управления режимом сварки. Кстати, такое устройство повышает удобство в работе и при выполнении операций начала и окончания сварки.

В табл. 77 приведены некоторые технические характеристикиистики сварочных полуавтоматов.

Важную группу сварочных полуавтоматов составляют полуавтоматы универсального типа, которые быстро перенастраиваются для сварки в среде защитных газов или под флюсом.

В качестве примера такого полуавтомата можно привести ПШ-112. Этот полуавтомат предназначен для сварки порошковой и самозащитной проволокой, однако легко и быстро перенастраивается для сварки сплошной проволокой в углекислом газе.

В табл. 78 приведены некоторые технические характеристикиистики универсальных полуавтоматов.

§ 110. Полуавтоматическая сварка под флюсом

Сварка под слоем флюса осуществляется электродной проволокой, которая подается в зону горения дуги специальными механизмом (сварочной головкой автомата). Флюс после сварки собирается и используется вторично.

На рис. 122 показана схема сварки под слоем флюса. По мере перемещения вручную сварочной головки полуавтомата в зону сварки подается флюс, слой которого закрывает поверхность изделия и электродную проволоку на высоте 40-50 мм. Флюс подается из воронки, установленной на сварочной головке (рис. 123), или пневматически (сжатым воздухом) по шлангу.

Металл сварного шва, выполненный под флюсом, состоит приблизительно из одной трети присадочного металла и двух третей переплавленного основного металла.

Сварка под флюсом имеет целый ряд достоинств:

- высокая производительность;
- надежная защита расплавленного металла от окружающей атмосферы;
- стабильность сварочного процесса;

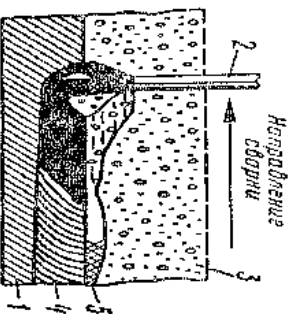


Рис. 122. Схема сварки под флюсом

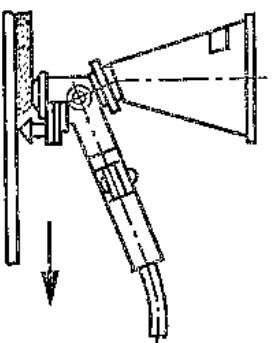


Рис. 123. Схема полуавтоматической сварки под флюсом стыковых швов

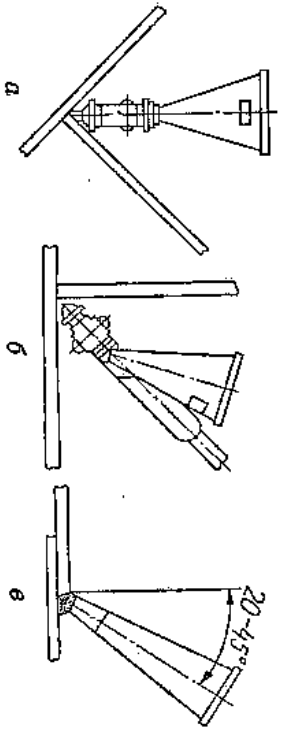


Рис. 124. Схема полуавтоматической сварки под флюсом:
 а — в положении «в лодочку», б — тавровых швов, в — нахлесточных швов

— незначительные потери на удар и разбрызгивание металла;

— возможность сваривать металл большой толщины без скоса кромок и т. д.

Полуавтоматической сваркой под флюсом можно выполнять различные виды сварных соединений. На рис. 124 показаны схемы выполнения нескольких типов сварных швов.

Наиболее часто сварка под флюсом применяется для получения стыковых соединений с односторонними и двусторонними швами, однопроходными и многопроходными.

Существует несколько разновидностей выполнения полуавтоматической сварки под флюсом:

— по ручной подварке;

— на весу;

— на подкладках (стальные, медные, остаципес и уйраконциса);

— на флюсовой подушке.

Односторонняя полуавтоматическая сварка без разделки кромок с полным проваром (сварка на весу) выполняется в таком режиме, чтобы непровлаженный слой основного металла удерживал бы сварочную ванну.

346

Таблица 79
 Ориентировочные режимы полуавтоматической сварки под флюсом

Вид соединения	Толщина свариваемого металла, мм	Диаметр электрода, мм	Сварочный ток, А	Скорость сварки, м/ч
Стыковое без скоса кромок	5	4	570-650	48-50
	8	5	650-720	30-37
	20	5	650-750	28-34
Стыковое со скосом кромок	12	5	670-800	25-32
	15	5	750-870	20-22
Тавровые	6	4	480-600	52-60
	8	4	570-650	30-50
	10	5	670-750	30-32

Если требуется полный провар, то нужно обеспечить условия, чтобы жидкий металл не вытекал в зазор. Для этого и применяют остальные разновидности сварки (на подкладке, на флюсовой подушке и т. д.).

Примерные режимы полуавтоматической сварки под флюсом приведены в табл. 79.

О полуавтоматической сварке в среде защитных газов рассказывается в соответствующем разделе книги.

Вопросы для самопроверки

1. Чем сварочный аппарат отличается от полуавтомата?
2. Как классифицируются сварочные полуавтоматы?
3. Из каких основных узлов состоит сварочный полуавтомат для сварки в защитном газе?
4. Что такое «вылет» электродной проволоки и на что он влияет?
5. В чем заключается основные достоинства полуавтоматической сварки под флюсом?

347

Глава 21. СВАРКА В ЗАЩИТНЫХ ГАЗАХ

§ 111. Общие сведения о сварке в защитных газах

Дуговая сварка в защитных газах дает высокую производительность, легко поддается механизации и автоматизации, позволяет выполнять сварку без использования электродных покрытий и флюсов. Сварка в защитных газах широко применяется при изготовлении разнородных изделий из сталей, цветных металлов и их сплавов.

Существует много разновидностей дуговой сварки в защитных газах, которые подразделяются по следующим основным признакам:

- виду защитного газа (сварка в инертных газах, сварка в активных газах);
- типу электрода (плавящимся электродом, неплавящимся электродом);
- степени механизации (ручная, полуавтоматическая, автоматическая);
- роду электрического тока (постоянный, переменный).

Для защиты зоны сварки используют инертные газы (гелий и аргон), активные газы (углекислый газ, азот, водород), а также смеси отдельных газов в определенных пропорциях.

Применение газовых смесей вместо технически чистых газов в некоторых случаях повышает производительность и качество сварки, повышает устойчивость горения сварочной дуги, уменьшает разбрызгивание металла и т. д.

В работе используют либо баллоны с каждым газом в отдельности, либо баллоны с готовой смесью. В первом случае расход каждого газа регулируется отдельным регулятором.

§ 112. Общие сведения о защитных газах

Углекислый газ

Углекислый газ имеет плотность 0,00198 г/см³ (при нормальных условиях). При давлении, равном 75 кгс/см² и температуре 31°С, углекислый газ сжижается. Температура сжижения углекислого газа при нормальном (атмосферном) давлении составляет минус 78,5°С.

Углекислый газ хранят и транспортируют в стальных баллонах под давлением 60—70 кгс/см². В стандартном баллоне емкостью 40 дм³ вмещается 25 кг жидкой кислоты. Это количество жидкой кислоты при испарении дает 12625 дм³ газа. Уникала углекислота занимает в баллоне от 60 до 80% объема, остальную часть занимает конденсированная жидкая фаза.

Перед подачей в зону дуги углекислый газ должен осушаться, в противном случае неизбежно образование пористости сварного шва.

В табл. 80 приведены требования ГОСТ 8050-76 для углекислого газа.

Таблица 80

Некоторые технические требования
для сварочного углекислого газа

Показатель	Сорт	
	I	II
Содержание углекислого газа, не менее	99%	99,5%
Содержание влаги, не более	0,18%	0,51%

Аргон

Аргон — инертный газ, который не образует химических соединений с другими элементами, за исключением

некоторых гидридов, которые могут быть устойчивы только в очень узком диапазоне давлений и температур.

Аргон немого тяжелее воздуха, поэтому его струя хорошо защищает сварочную дугу и зону сварки. Сварочная дуга в аргоне имеет, кроме того, высокую стабильность.

Аргон поставляется трех сортов (табл. 81) в баллонах под давлением 150 кгс/см². Баллоны окрашиваются в серый цвет и имеют в верхней части черную надпись «Аргон чистый». Аргон может поставляться также в смеси с другими газами, например, с кислородом.

Таблица 81
Химический состав аргона различных сортов

Показатель	Сорт		
	Высший	Первый	Второй
Содержание аргона в %, не менее	99,99	99,98	99,95
Содержание азота в %, не более	0,001	0,01	0,04
Содержание кислорода в %, не более	0,001	0,003	0,005
Содержание влаги, не более (при давлении 760 мм рт. ст.)	0,01	0,03	0,03

Гелий

Гелий также является инертным газом. Выработывается из природных газов путем их сжижения.

Гелий поставляется двух сортов (табл. 82). Баллоны окрашиваются в коричневый цвет, причем баллоны с гелием 1-го сорта надписи не имеют, баллоны с гелием 2-го сорта имеют белую надпись «Гелий».

Таблица 82
Состав сварочного гелия

Состав	Сорт	
	1	2
Содержание гелия, %	98,6-99,7	98,5-99,5
Содержание азота, %	0,3-0,4	0,5-1,5

§ 113. Полуавтоматическая сварка в углекислом газе и его смесях

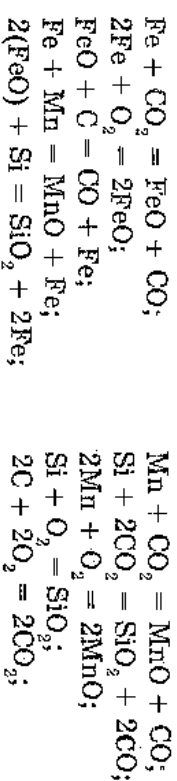
Особенности металлургии сварки в углекислом газе

При высокой температуре сварочной дуги углекислый газ частично диссоциирует на окись углерода и кислород по реакции



В результате такой диссоциации в зоне дуги образуется смесь из трех различных газов: углекислого, кислорода и окиси углерода. Все три газа защищают металл от окисляющего воздуха, но в то же время вступают в химические реакции с элементами, которые находятся в сварочной проволоке и в свариваемом металле.

В зоне сварки происходят, например, такие реакции:



Образование окиси углерода CO приводит к пористости сварного шва. Кроме того, поры при сварке в углекислом газе могут появиться из-за влаги (поэтому необходимо осушение), ржавчины, из-за влияния азота, содержащегося в воздухе.

Чтобы уменьшить содержание CO и увеличить количество кремния и марганца, которые интенсивно выделяются при сварке из сварочной проволоки, применяют проволоку с повышенным содержанием кремния и марганца (например, марок Св-08Г2С, Св-08Гс и т. п.).

Образовавшиеся окислы кремния и марганца не растворяются в жидком металле, а вступают во взаимодействие друг с другом. При этом образуются легкоплавкие соединения, которые всплывают на поверхность сварочной ванны в виде шлака.

Технология сварки в CO_2 и в смесях ($CO_2 + Ar$; $CO_2 + O_2$)

Общая схема сварочного поста для полуавтоматической сварки в углекислом газе уже приводилась на рис. 119.

Сварку в углекислом газе выполняют во всех пространственных положениях. При выполнении вертикальных и потолочных швов используют малые токи и сварочную проволоку малых диаметров. Конструктивные элементы сварных соединений выбираются по ГОСТ 14771-76.

Примерные режимы сварки углеродистых и низколегированных сталей в углекислом газе приводятся в табл. 83 и 84.

При сварке в углекислом газе применяют постоянный ток обратной полярности. Сварочный выпрямитель или преобразователь должен иметь жесткую или возрастающую внешнюю характеристику.

Таблица 83

Ориентировочные режимы сварки стыковых соединений листов из углеродистой и низколегированной стали в углекислом газе

Толщина металла, мм	Подготовка кромок			Число слоев	Сварочный ток, А	Диаметр проволоки, мм	Скорость сварки, м/ч	Расход газа, дм ³ /мин
	Вид	Скос	Притупление					
0,6-1,0	Бескосый	0-0,5	-	1	50-60	0,5-0,8	20-25	6-7
1,2-2,0	То же	0-0,5	-	1-2	70-110	0,8-1,0	18-24	10-12
4-6	То же	0-1,0	-	1-2	160-200	1,6-2,0	20-22	14-16
6-8	Бескосый односторонний	0-1,0	-	2	280-300	2,0	25-30	16-18
8-12	V-образный	0-1,5	4-6	2-3	280-300 380-400	2,0	16-20 18-22	18-20
12-18	X-образный	0-2,0	4-6	2-3	380-400	2,0	16-20	18-22

Таблица 84

Ориентировочные режимы выполнения тавровых швов при сварке углеродистых и низколегированных сталей в углекислом газе

Толщина металла, мм	Катет шва, мм	Число слоев	Диаметр проволоки, мм	Сварочный ток, А	Скорость сварки, м/ч	Расход газа, дм ³ /мин
1,0	1,4	1	0,6	60	18-20	5-6
1,5-2,0	2,1-2,8	1	0,8	75	16-18	6-8
2,0-3,0	2,8-4,2	1	1,2	90-130	14-16	8-10
3,0-4,0	4,2-5,6	1	1,6	150-180	20-22	12-16
3,0-4,0	5,6	1-2	2,0	300-350	25-30	17-18
5,0 и более	7,0	3	2,0	300-350	25-30	17-18
5,0 и более	7,0	4-5	2,0	300-350	25-30	17-18

Глава 21. Сварка в защитных газах

Таблица 85

Примеры применения сварочной проволоки для сварки сталей различных марок

Марка сварочной проволоки	Применение
Св-08ГГС	Для сварки углеродистых и низколегированных сталей при токах 300-400 А
Св-08ГГЭС	Для сварки углеродистых и низколегированных сталей при токах 600-750 А
Св-10ХГГЭС Св-18ХГСА	Для сварки низколегированных сталей повышенной прочности
Св-18ХСА Св-18ХМА Св-10ГСМГ	Для сварки низколегированных сталей типа хромоникель (15ХГСА, 20ХГСА и т. п.) толщиной до 4 мм
Св-18ХЭГЭСМ	То же, толщиной свыше 4 мм
Св-08ХГЭСМ	Для сварки теплоустойчивых сталей типа 15ХМА, 12ХМ, 20ХМ и т. п.
Св-08ХГЭСМФ	Для сварки теплоустойчивых сталей типа 20ХМФ
Св-08ХГ14ГГ Св-10ХГ17Г	Для сварки хромистых сталей типа Х13, Х17 и т. п.
Св-06ХГ19Н9Г Св-07ХГ18Н9ГЮ	Для сварки высоколегированных хромоникелевых коррозионноустойчивых сталей марок ОХ18Н9, ОХ18Н10
Св-08ХГ19Н10В	Для сварки сталей марок ОХ18Н9Г и ОХ18Н10Г

Вылет сварочной проволоки при токе в диапазоне 60-150А должен составлять 7-14 мм, при токе 200-500 А — 15-25 мм.

При использовании газовой смеси CO₂ и O₂ (CO₂ — 70%, O₂ — 30%) формирование шва улучшается, одна-

ко производится более интенсивное выгорание легированных элементов из металла шва.

Электродная проволока выбирается в зависимости от марки свариваемой стали, а ее диаметр — в зависимости от толщины металла и положения шва в прострэнстве.

В табл. 85 приведены примеры применения некоторых марок сварочной проволоки для сварки сталей.

§ 114. Технология ручной дуговой сварки вольфрамовым электродом в инертных газах

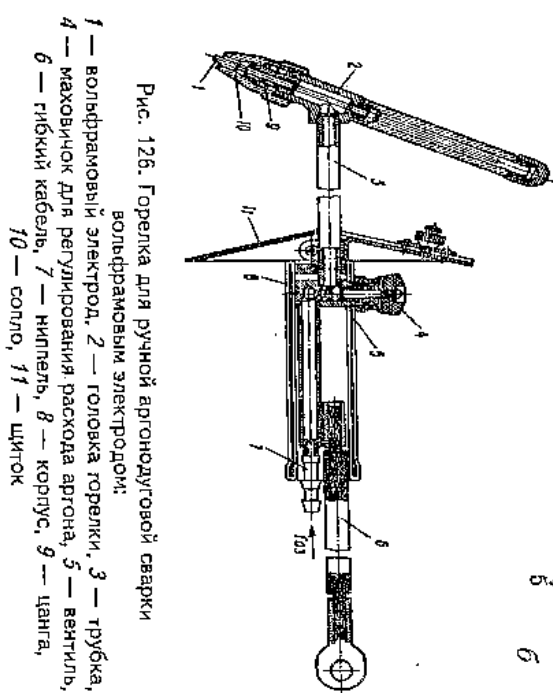
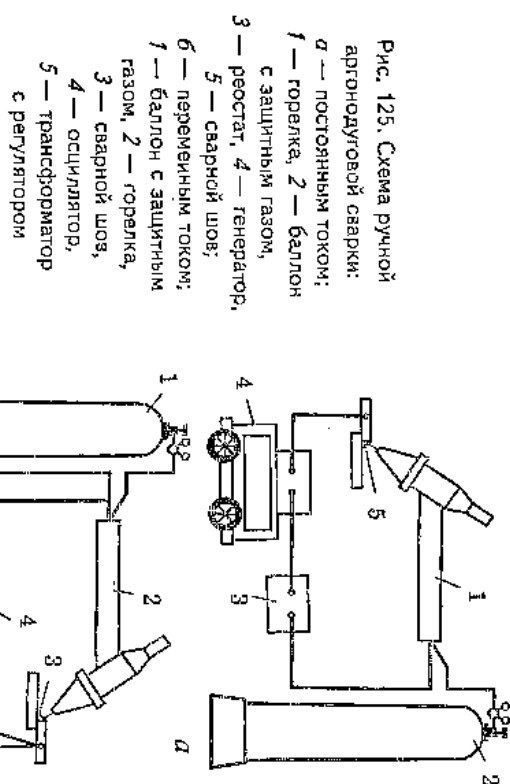
Сварка в аргоне и гелии может выполняться как плавлением, так и неплавляющимся электродом.

Аргонодуговая сварка используется для соединения легированных сталей, цветных металлов и их сплавов. Сварка выполняется на постоянном или переменном токе (рис. 125). На этом же рисунке приведена схема сварочного поста механизированной сварки плавящимся электродом.

В качестве неплавящихся электродов используются в основном вольфрамовые (реже — угольные и графитовые). Концы электродов загибаются на конце; длина загибки равна 2—3 диаметрам электрода.

На рис. 126 показана схема сварочной горелки для ручной аргонодуговой сварки вольфрамовым электродом. Дуга зажигается на специальной угольной пластине. Не рекомендуется зажимать дугу на основном металле, так как возможно загрязнение и оплавление конца электрода.

Для возбуждения дуги возможно применение источника питания с повышенным напряжением холостого хода или дополнительным источником питания с повышенным



напряжением (осциллятор). Это связано с тем, что потенциал возбуждения и ионизации инертных газов значительно выше, чем у кислорода, азота или паров металла. Зато дуговой разряд инертных газов отличается высокой стабильностью.

Аргондуговой сваркой можно выполнять все виды сварных соединений: стыковые, нахлесточные, угловые и тавровые.

Сварка нержавеющей и жаропрочной стали

Конструктивные элементы сварных швов выбираются по ГОСТ 14771-76.

Перед сваркой поверхности кромок зачищаются до блеска стальной щеткой и промываются растворителем (например, ацетоном, авиационным бензином, дихлорэтаном). Это делается для удаления жира, который может вызвать появление пор в шве и снизить устойчивость дуги. Сварка должна выполняться без колебательных движений электродом, иначе может нарушиться защита зоны варки, что приведет к окислению металла шва.

Обратная сторона шва защищается от воздуха поддувом аргона.

В табл. 86 приведены примерные режимы ручной сварки в аргоне вольфрамовым электродом нержавеющей и жаропрочной аустенитной стали.

Сварка алюминиевых сплавов

Кромки деталей из алюминиевых сплавов под сварку подготавливают также и детали из нержавеющей стали. При ручной сварке деталей толщиной до 5 мм скосы кромок можно не делать.

Таблица 86

Ориентировочные режимы ручной сварки вольфрамовым электродом стыковых соединений нержавеющей и жаропрочной стали в аргоне

Толщина свариваемых листов, мм	Диаметр электрода и присадочной проволоки, мм	Сварочный ток, А	Род тока	Напряжение, В	Скорость сварки, см/мин	Расход аргона, дм ³ /мин
1,0	2/1,6	30-60	Постоянный ток прямой полярности	11-15	12-28	2,5-3,0
1,0	2/1,6	35-75	Переменный ток	12-16	15-33	2,5-3,0
1,5	2/1,6	40-75	Постоянный ток прямой полярности	11-15	9-19	2,5-3,0
1,5	2/1,6	45-85	Переменный ток	12-16	14-13	2,5-3,0
4,0	4/2,5	85-130	Постоянный ток прямой полярности	12-15	-	10,0

Ориентировочные режимы сварки алюминиевых сплавов вольфрамовым электродом в инертных газах (на переменном токе)

Марка сплава	Толщина металла, мм	Диаметр вольфрамового электрода, мм	Параметры			
			Аргон		Гелий	
			Сварочный ток, А	Расход газа, дм ³ /мин	Сварочный ток, А	Расход газа, дм ³ /мин
Сварка встык без присадочной проволоки						
АД	1	1,5-2,0	50-65	4-5	40-45	5-7
АМ	2	3,0	90-110	7-8	60-70	8-10
АМг6Т	3	4,0	—	—	—	—
АМ	3	3,0-4,0	110-120	8-9	70-80	10-12
Сварка встык с присадочной проволокой						
АД	1	1,5-2,0	65-85	4-5	45-55	5-7
АМ	2	3,0	90-110	7-8	60-70	8-10
АМг6Т	3	4,0	170-200	8-9	100-150	10-12
АМ	3	3,0-4,0	110-120	8-9	70-80	10-12

Очистку кромок деталей из алюминиевых сплавов можно производить травлением в растворе хромовой кислоты. Перед этим крошки обезжиривают теплым раствором каустика или растворителем, а затем промывают горячей водой и протирают.

В связи с тем, что алюминий очень активно поглощает водород, содержание влаги в аргоне должно быть минимально. В табл. 87 приводятся примеры режимов при сварке в аргоне вольфрамовым электродом некоторых алюминиевых сплавов.

Сварка производится без поперечных колебательных движений электродом или прутком. Чтобы не допустить перегрева кромок, сварка выполняется на больших скоростях за один проход.

Сварка титановых сплавов

При сварке титановых сплавов применяются гелий и аргон марки А. Обратная сторона шва и все участки металла, нагретые более чем на 400°С, обязательно должны защищаться газом.

При выполнении сварки газových и нахлесточных соединений защита газом должна производиться со всех сторон. Наибольшая защита достигается при сварке в герметичных камерах.

Сварные изделия, выполненные ручной аргондуговой сваркой, необходимо подвергать обжигу, чтобы предотвратить появление трещин (при аргондуговой сварке титан не склонен к образованию горячих трещин, но могут появиться холодные трещины, причем даже через несколько месяцев).

Одним из признаков хорошего качества сварки титана является отсутствие цветов побежалости на поверхности шва. Темные цвета побежалости будут свидетельствовать о недостаточной газовой защите металла при сварке.

Ориентировочные режимы ручной аргонодуговой сварки вольфрамовым электродом изделий из титана марок BT1-0, BT1-00, OT4-0, OT4-1

Толщина металла, мм	Диаметр электрода, мм	Диаметр присадочной проволоки, мм	Сварочный ток, А	Расход защитного газа (аргона), дм ³ /мин	
				для защиты дуги	для защиты обратной стороны шва
0,5-1,0	1,5-2,0	1,-1,5	30-60	8-10	2-3
2,0	2,0-2,5	1,5-2,0	80-100	8-10	2-4
4	2,5-3,0	1,5-3,0	120-160	12-16	2-4
8	2,5-3,0	2,0-3,0	160-180	12-16	2-4
12	3,0-4,0	2,0-4,0	180-220	12-16	2-4

Таблица 89
Ориентировочные режимы аргонодуговой сварки бронзы (Гор. ОПС-4-4-2,5) вольфрамовым электродом

Толщина металла, мм	Диаметр электрода, мм	Напряжение, В	Сварочный ток, А	Скорость сварки, м/ч	Расход аргона (марка В), дм ³ /мин
1,5	3,5	20-22	120-130	28-30	6-8
2,0	3,5	18-20	150-160	24-26	8-10
2,5	3,5	16-18	180-200	20-22	10-12

Температура отжига сварных изделий из титана марок BT5, BT5-1, OT4, BT4 — 600-650 °С, из титана марок BT1, OT4-1 — 550-600 °С.

В табл. 88 приводятся примеры режимов аргонодуговой сварки вольфрамовым электродом титана некоторых марок.

Сварка меди и бронзы

При сварке меди в качестве защитного газа может применяться азот, который является инертным газом по отношению к меди. При сварке бронза азот не применяется, а защитным газом в этом случае может быть только аргон.

В табл. 89 приводятся примерные режимы аргонодуговой сварки бронзы на постоянном токе прямой полярности.

Вопросы для самопроверки

1. Какие разновидности дуговой сварки в защитных газах вы знаете?
2. Какие газы используются для защиты дуги?
3. Как выбирается электродная проволока?
4. Нарисуйте схему ручной сварки вольфрамовым электродом в инертном газе.

Глава 22. ДЕФЕКТЫ И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

§ 115. Илласификация дефектов сварных соединений

Дефектом сварного соединения называется любое несоответствие требованиям, определяющим нормативной документацией.

В нормативно-технической документации (сюда относятся ГОСТы и другие документы) регламентируются конструктивные размеры и формы сварных швов, термичность, прочность, пластичность и различные другие требования, предъявляемые к сварным соединениям.

Сварные соединения, выполненные в условиях производства в силу разных причин, могут иметь отклонения от заданных требований. Эти отклонения могут привести к разрушению сварных швов или даже всей конструкции.

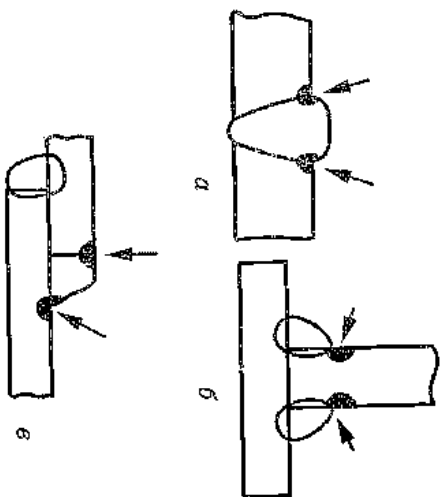


Рис. 127. Подрезы зоны сплавления:
а — стыкового,
б — углового,
в — нахлесточного

364

В связи с этим возникает задача контроля качества сварки. Эта задача заключается в выявлении дефектов сварных соединений, установлении причин их возникновения и разработке технологических мероприятий, направленных на устранение этих причин.

Все дефекты сварных соединений можно разделить на три вида:

- наружные;
- внутренние;
- сквозные.

К наружным дефектам относятся, например, подрезы (рис. 127), отклонения размеров сварных швов от заданных (занижение или превышение усиления швов), смещение швов от оси, наплывы, пористость (наружная), усачные раковины, трещины незаплавленные кромки. Наружными дефектами являются также неравномерная ширина шва, неравномерность катета шва, а также чрезмерная шероховатость валика.

Внутренними дефектами являются непровары, трещины, шлаковые и неметаллические включения, пористость (внутренняя).

К сварным дефектам относятся сквозные трещины, прожоги и свищи.

Причины возникновения дефектов сварных швов очень много; перечислим основные из них:

- низкое качество основного металла и (например, дефекты) и сварочных материалов;
- плохая свариваемость металла;
- неправильный выбор сварочных материалов;
- нарушения технологии (подготовки, сборки, термической обработки и сварки; неправильный режим сварки и т. п.);
- низкая квалификация сварщика.

365

§ 116. Краткая характеристика дефектов сварных соединений

Трещины являются наиболее опасными дефектами сварных соединений. Трещины могут возникать и в металле шва, и в околошовной зоне. Под действием остаточных напряжений или рабочей нагрузки трещины способны распространяться с огромной скоростью, сравнимой со скоростью звука. Разрушение конструкции может произойти почти мгновенно, что представляет собой большую опасность.

Трещины принято классифицировать следующим образом: — по размерам — на микроскопические и макроскопические;

— по расположению — на продольные и поперечные; — по температуре возникновения — на горячие и холодные (при температурах 100–200 °С и при комнатной температуре).

Иногда еще различают трещины по времени образования: в процессе сварки и после нее.

Образование трещин способствует повышенное содержание углерода в расплавленном металле, а также кремния, никеля и особенно вредных примесей серы, фосфора и водорода.

Причинами образования трещин чаще всего является несоблюдение технологии и режимов сварки. Это может проявляться, например, в неправильном расположении швов в сварной конструкции, что приводит к высокой концентрации напряжений. Большие напряжения в сварных конструкциях могут возникнуть также при несоблюдении заданного порядка наложения сварных швов.

Поверхностные трещины в сварных конструкциях устраняются в следующем порядке: сначала засверливают кон-

цы трещины, чтобы она не распространялась дальше по шву, затем трещину полностью вырубают и заваривают.

Подрезами называются углубления (канавки) в местах перехода основного металла к металлу сварного шва. Подрезы являются наиболее часто встречающимися дефектами. Приводят к ослаблению сечения основного металла и местной концентрации напряжений под влиянием рабочих нагрузок. При электродуговой сварке подрезы возникают при повышенном токе и напряжении дуги, а при газовой сварке — из-за повышенной мощности сварочного пламени.

Подрезы часто образуются при сваривании горизонтальных швов на вертикальной плоскости.

Устраняются подрезы наплавкой тонких (ниточных) швов электродами малого диаметра.

Наплавками называются дефекты сварных соединений, возникающие в случаях, когда жидкий металл шва нагревается на основной металл, но с ним не соединяется.

Причинами образования наплавов могут быть:

- недостаточный прогрев основного металла;
 - заниженное напряжение дуги;
 - слой окалины на свариваемых кройках;
 - излишнее количество присадочного металла и т. п.
- Наплавки срубает, проверяя, нет ли в этих местах непровара.

Прожогами называются дефекты, проявляющиеся в том, что жидкий металл вытекает через сквозные отверстия в сварочном шве. При этом с обратной стороны, как правило, возникают напавки.

Причинами образования прожогов являются:

- избыточный сварочный ток или повышенная мощность сварочного пламени;
- недостаточная скорость сварки (при автоматической сварке — внезапная остановка сварочного автомата);

— слишком большой зазор между свариваемыми крошками;

— недостаточное приуглубление кромок;

— недостаточная толщина подкладки или ее полное прилегание к основному металлу.

Прожоги исправляют путем их вырубкой, зачистки дефектных мест и заваривания.

Непроявками называются локальные (местные) несплавления основного металла с наплавленными или же несплавления между собой слоев шва, если ведется многослойная сварка. К этому же виду дефектов относится незаполнение металлом расчетного сечения шва.

При V-образной разделке кромок непроявы наблюдаются обычно в корне стыковых швов, при X-образной разделке — в центре шва.

Непроявы относятся к одним из самых опасных дефектов сварных соединений (особенно по крошкам и между слоями), так как значительно снижают прочность сварного шва и могут стать причиной разрушения всей конструкции.

Причины непроявов следующие:

— неправильная подготовка кромок под сварку;

— заниженный сварочный ток или мощность сварочного пламени;

— слишком большая скорость сварки;

— низкое качество зачистки свариваемых кромок от ржавчины, окислы, шлака и тому подобных загрязнений.

Участки с непроявами приходится вырубать до основного металла, зачищать и вновь заваривать.

Кратерами называются углубления, возникающие при обрыве сварочной дуги или сварочного пламени. Кратеры уменьшают рабочее сечение сварочного шва, то есть снижают его прочность. Кроме того, в кратерах могут возникать усадочные рыхлости, которые способствуют образованию трещин.

Кратеры вырубают до основного металла, зачищают и заваривают.

Спаинами называются дефекты в виде полостей, выходящих на поверхность сварного шва. Также влияют на прочность сварного соединения и могут способствовать развитию трещин.

Посторонние включения. К данному типу дефектов относятся шлаковые включения, неметаллические, рваные, фразовые, окислы и некоторые другие.

Шлаковые включения в сварном шве образуются шла-

ками, не успевающими всплыть на поверхность металла шва. Шлаковые включения вызываются низким качеством зачистки свариваемого металла и присадочной проволоки, а также неправильным выбором режима сварки (например, при повышенной скорости сварки). При многослойной сварке такие включения могут возникнуть при плохой зачистке предыдущего слоя.

Вольфрамовые включения образуются в сварном шве, например, при аргонодуговой сварке неплавающимся электродом алюминиевых сплавов.

Окисные включения могут возникнуть в металле шва из-за слабой их растворимости и слишком быстрого охлаждения. Подобные включения ослабляют сечение шва, снижают его прочность и стеновятся зонами концентрации напряжений.

Места швов со шлаковыми и другими включениями вырубают и заваривают.

Пористость. Поры в сварном шве называют полостями, заполненными газом. Возникают в жидком металле шва вследствие интенсивного газообразования, при котором не все газовые пузырьки успевают выйти наружу до затвердевания сварного шва. Размеры пор, образующихся в металле, бывают как микроскопические, так и достигают

нескольких миллиметров. В сварном шве, помимо одиночных пор, могут возникнуть и скопления пор, а иногда даже раковины и свищи.

Причины образования пор в сварных швах следующие: — низкое качество зачистки свариваемых кромок и присадочной проволоки от загрязнений (окалины, ржавчины, масел и т. п.);

— большая скорость сварки, при которой газы не успевают выйти наружу;

— повышенное содержание углерода в основном металле и присадочном материале;

— повышенная влажность (например, сварка при сырой погоде, что отразится на состоянии электродных покрытий, флюса и т. д.);

Наличие пористости в сварном соединении снижает механические свойства металла (прочность, ударную вязкость и т. п.), а также герметичность изделия.

Участки сварных швов с порами вырубают до основного металла, вновь зачищают и заваривают.

Перегрев и пережог металла. Данные дефекты вызваны нарушениями режима сварки — слишком большим сварочным током или большой мощностью сварочного пламени и малой скоростью сварки.

Перегрев металла увеличивает размеры зерен в металле шва и в металле околошовной зоны. Это снижает механические качества сварного соединения, и в особенности ударную вязкость. Перегрев металла исправляется последующей термической обработкой.

Пережог металла является гораздо более опасным дефектом. Пережженный металл крупок из-за образования окисленных зерен, которые обладают небольшим взаимным сцеплением. Пережог вызывается теми же причинами

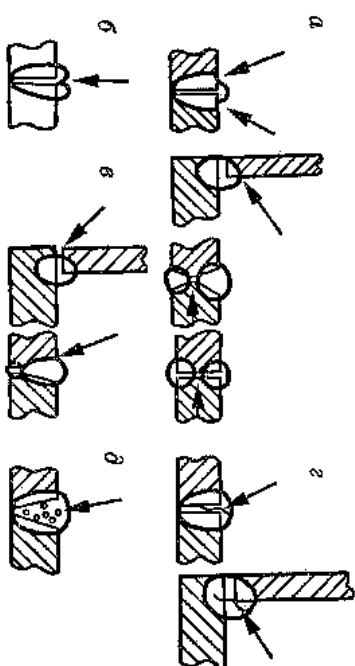


Рис. 128. Дефекты сварных соединений (стрелками указан дефект)

ми, что и перегрев, а кроме того, плохой защитой расплавленного металла от кислорода и азота воздуха.

Пережженный металл не поддается исправлению, поэтому его полностью удаляют (вырубают до основного металла), затем дефектное место заваривают.

На рис. 128 показаны некоторые виды дефектов сварных соединений.

§ 117. Способы контроля качества сварных соединений

Понятно, что для обеспечения высокого качества и надежности сварных соединений необходим соответствующий контроль.

Контроль качества должен осуществляться на всех этапах технологического процесса; таким образом, можно выделить три разновидности:

— предварительный контроль;

— пооперационный контроль;

— контроль готовых сварных соединений.

На стадии предварительного контроля проверяют сварочные материалы (электроды, флюсы и газы, сварочную проволоку), а также сварочное и другое оборудование (контрольно-измерительное, приспособления, инструменты и т. д.). К этой же стадии можно отнести проведение мероприятий по проверке квалификации сварщиков, инженерно-технических и других работников, занятых в производстве и контроле сварных работ.

На стадии пооперационного контроля проверяется подготовка деталей под сварку, контролируются сварочные режимы и правильность наложения швов. При этом следят также за состоянием оборудования, за качеством приращенных материалов и исправностью контрольно-измерительных приборов.

Контроль готовых сварных соединений выполняется по окончании процесса сварки или же после выполнения термической обработки готового изделия.

Методы контроля качества сварных швов принято разделять на две основные группы:

1) разрушающий контроль — контроль, при котором происходит разрушение образца;

2) неразрушающий контроль — сварное соединение не выводится из строя.

Разрушающий контроль стараются применять на практике как можно реже, но иногда без него не обойтись.

Обе основные группы методов контроля регламентируются соответствующими ГОСТами и подразделяются на виды контроля.

Виды контроля являются: внешний осмотр, ультразвуковой контроль, контроль проницаемости сварных швов и т. д.

§ 118. Неразрушающие способы контроля сварных соединений

Внешний осмотр и контроль размеров швов

Данный вид контроля является обязательным, наиболее простым и самым распространенным. Внешний осмотр выполняется невооруженным глазом или с использованием 5–10-кратной лупы. Перед внешним осмотром сварные швы и прилегающие к ним поверхности основного металла (15–20 мм по обе стороны от шва) должны быть очищены от шлака, окисины, металлических брызг и других загрязнений. Иногда, если это необходимо, проводится травление.

Внешний осмотр проводится как после прихватки, так и после наложения каждого слоя шва. Осматриваются все без исключения сварные соединения. При сварке плохо свариваемых металлов рекомендуется проводить и повзранные осмотры.

Внешним осмотром проверяется заготовка под сварку (наличие вмятин, ржавчины, окисины), а также правильность сборки деталей, их разделка под сварку, наличие и величина припухания и т. д.

Внешним осмотром готового изделия можно выявить наружные дефекты — подрезы, наплывы, непровары, прожоги, наружные трещины и другие. Кроме того, выявляют различные смещения деталей, несоответствие геометрических размеров сварного изделия требованиям чертежей и технических условий.

Размеры швов проверяют различными измерительными инструментами, а также специальными шаблонами. В стыковых швах проверяют ширину и высоту усиления, в угловых и тавровых швах проверяются величины катетов.

В случае необходимости при внешнем осмотре следует применять дополнительное местное освещение.

Радиационная дефектоскопия

Контроль качества сварных соединений с помощью рентгеновского и гамма-излучения является, пожалуй, самым распространенным методом контроля (не считая, разумеется, внешнего осмотра).

Метод позволяет выявить как внешние, так и внутренние дефекты, с достаточной точностью определить их местоположение без разрушения проверяемых конструкций.

Рентгеновские лучи и гамма-излучение представляют собой коротковолновые электромагнитные колебания. Метод радиационного контроля основан на способности этих излучений проходить через непрозрачные предметы и воздействовать на различные индикаторы. В зависимости от вида индикатора и способа регистрации результатов виден вид три разновидности радиационного контроля:

- радиометрический;
- радиоскопический;
- радиорадиографический (рентгенографический и гамма-графический методы).

На практике наиболее распространенные получили радиорадиографический метод, основанный на воздействии излучений на специальные пленки.

Рентгенографическая дефектоскопия

Для рентгенографического контроля применяют специальные аппараты, состоящие из рентгеновской трубки, источника питания и пульта управления. В качестве источника питания применяют повышающий трансформатор со специальными электронными компонентами, позволяющие удвоить или утроить напряжение вторичной обмотки трансформатора. Это необходимо потому, что для питания рентгеновской трубки требуется высоковольтное напряжение.

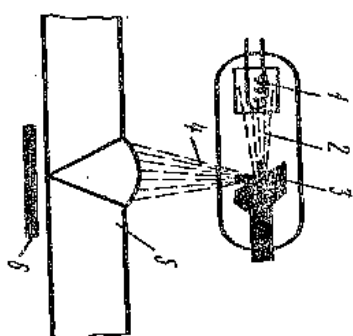


Рис. 129. Схема рентгеновского просвечивания:
1 — катод, 2 — пушка электронов,
3 — анод (мишень),
4 — рентгеновское излучение,
5 — просвечиваемый металл,
6 — кассета с пленкой

Источником рентгеновского излучения в аппарате служит рентгеновская трубка (на рис. 129 показана схема трубки и просвечивания).

Рентгеновская трубка представляет собой стеклянный баллон с высоким вакуумом внутри (порядка 10–6 мм ртутного столба). В баллоне имеются два электрода — анод 3 и катод 1, которые подсоединяются к положительному и отрицательному полюсу источника питания. Катод рентгеновской трубки представляет собой вольфрамовую спираль, которая под действием электрического тока нагревается до 2000–2400 °С. При этом с поверхности катода возникает эмиссия электронов 2, которые при соприкосновении положительно заряженным анодом 3. При соударении электронов с атомами анода возникает рентгеновское излучение 4.

Зону анода, о которую ударяются электроны, называют фокусным пятном.

В зависимости от режима просвечивания, качества пленки и способа ее дальнейшей обработки удаётся выявлять дефекты размером всего 0,01–0,03 толщины контролируемых изделий.

Радиационная дефектоскопия

Контроль качества сварных соединений с помощью рентгеновского и гамма-излучения является, пожалуй, самым распространённым методом контроля (не считая, разумеется, внешнего осмотра).

Метод позволяет выявлять как внешние, так и внутренние дефекты, с достаточной точностью определять их местоположение без разрушения проверяемых конструкций.

Рентгеновские лучи и гамма-излучение представляют собой коротковолновые электромагнитные колебания. Метод радиационного контроля основан на способности этих излучений проходить через непрозрачные предметы и воздействовать на различные индикаторы. В зависимости от вида индикатора и способа регистрации результатов выделяют три разновидности радиационного контроля:

- радиометрический;
- радиоскопический;
- радиографический (рентгенографический и гаммаграфический методы).

На практике наиболее распространение получил радиографический метод, основанный за воздействием излучений на специальные плёнки.

Рентгенографическая дефектоскопия

Для рентгенографического контроля применяют специальные аппараты, состоящие из рентгеновской трубки, источника питания и пульта управления. В качестве источника питания применяют повышающий трансформатор специальной конструкции с компонентами, позволяющие удвоить или утроить напряжение вторичной обмотки трансформатора. Это необходимо потому, что для питания рентгеновской трубки требуется высоковольтное напряжение.

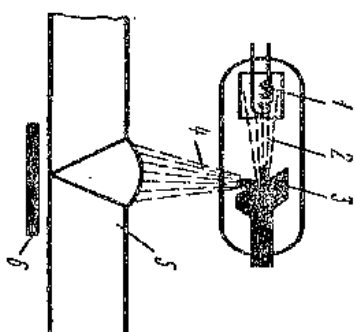


Рис. 129. Схема рентгеновского

просвечивания:

- 1 — катод, 2 — пучок электронов,
- 3 — анод (мишень),
- 4 — рентгеновское излучение,
- 5 — просвечиваемый металл,
- 6 — кассета с плёнкой

Источником рентгеновского излучения в аппарате служит рентгеновская трубка (на рис. 129 показана схема трубки и просвечивания).

Рентгеновская трубка представляет собой стеклянный баллон с высоким вакуумом внутри (порядка 10—6 мм ртутного столба). В баллоне имеются два электрода — анод 3 и катод 1, которые подсоединяются к положительному и отрицательному полюсу источника питания. Наход рентгеновской трубки представляет собой вольфрамовую спираль, которая под действием электрического тока нагревается до 2000—2400°С. При этом с поверхности катода возникает эмиссия электронов 2, которые при этом ударяются положительно заряженным анодом 3. При соударении электронов с атомами анода возникает рентгеновское излучение 4.

Зону анода, о которую ударяются электроны, называют фокусным пятном.

В зависимости от режима просвечивания, качества плёнки и способа ее дальнейшей обработки удается выявлять дефекты размером всего 0,01—0,03 толщины контролируемых изделий.

Как правило, просвечивается от трех до пятнадцати процентов длины сварного шва (выборочный контроль). В особо ответственных случаях просвечиваются все сварные швы, имеющиеся в конструкции.

Промышленность выпускает переносные рентгеновские аппараты различных марок: МИРА-1Д, МИРА-2Д, МИРА-2М, ИРА-2Д, РУП-120-5-1, РУП-200-5 и другие.

Гаммаграфическая дефектоскопия

Гамма-излучение, воздействуя на пленку так же, как и рентгеновское, позволяет фиксировать на ней все дефекты сварки. В отличие от рентгенографии, чувствительность гамма-контроля несколько выше, но при использовании некоторых радиоактивных изотопов — иридия-192, тулия-17 и т. п. — приближается к чувствительности рентгеновского контроля.

Гамма-излучение образуется в результате внутриатомного распада радиоактивных веществ. В качестве источников гамма-излучения применяются уже названные тулий-170, иридий-192, кроме того, цезий-137, кобальт-60 и другие.

Гамма-излучение вредно для здоровья человека, поэтому используются специальные аппараты (гамма-установка), в которых применяются дистанционное управление. Подобный аппарат показан на рис. 130.

Интересным случаем применения гамма-контроля является проверка стыков трубопроводов, схема которого приведена на рис. 131.

Люминисцентный метод контроля

Люминисцентный метод контроля основан на использовании явления проникновения хорошо смазывающих жидко-

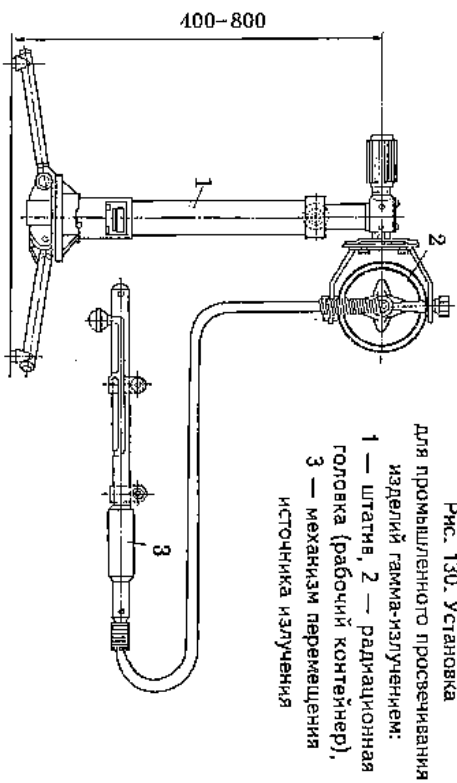
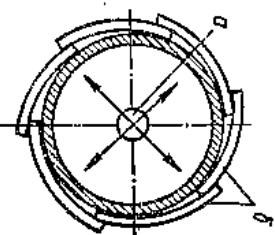


Рис. 131. Схема панорамного просвечивания сварных стыков трубопроводов с расположением радиоактивного источника излучения в центре трубы:
а — источник излучения, б — рентгеновская пленка



стей в трещины, поры и другие дефекты. В жидкости добавляются специальные вещества (люминофоры), обладающие свойством свечения под ультрафиолетовыми лучами.

Например, подобная жидкость может иметь следующий состав:

- керосин — около 50%;
- бензин — 25%;
- масло трансформаторное или вазелиновое — 35%;
- флуоресцентные вещества — 0,02—0,03%.

Перед проведением контроля поверхность проверяемого изделия очищается от шлака, металлических брызг и других загрязнений. Затем на эту поверхность наносится слой флуоресцентного вещества.

После этого изделие промывают, сушат и покрывают тонким слоем гальки или углекислого магния. Флуоресцентная жидкость, которая осталась в местах дефектов, пропитывает порошок.

Через полчаса-час остатки сухого порошка смывают, а контролируемое изделие помещают под ультрафиолетовое излучение от ртутно-кварцевых ламп. В местах дефектов при этом возникает яркое желто-зеленое свечение.

Данный метод контроля позволяет выявить в сварных соединениях трещины шириной от одной сотой миллиметра и глубиной 0,003—0,004 мм.

Ультразвуковой метод контроля сварных соединений

Ультразвуковой метод контроля основан на способности высокочастотных колебаний (0,8—2,5 МГц) проникать в металл шва и отражаться от поверхности дефектов, которые там имеются.

Для проведения дефектоскопии необходимы узконаправленные пучки ультразвуковых колебаний. Их получают с помощью пьезоэлектрических пластин из кварца или титаната бария. Эти кристаллы, будучи помещены в электрическое поле, дают обратный пьезоэлектрический эффект, а именно, преобразуют электрические колебания в механические. Таким образом, создается источник ультразвуковых колебаний, которые проникают в металл.

Отраженные ультразвуковые колебания принимаются специальным искателем (шупом), а затем снова преобразуются в электрические колебания (прямой пьезоэффект).

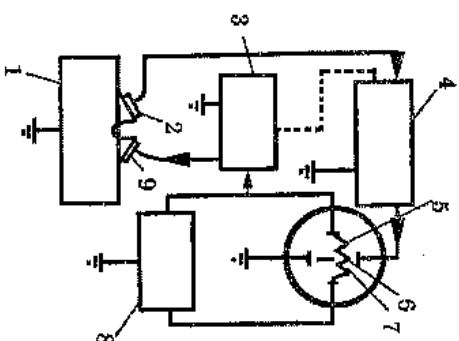


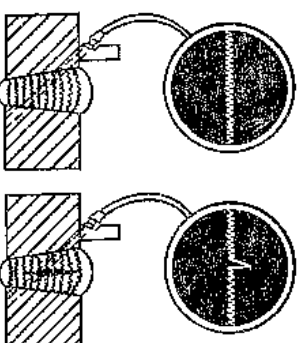
Рис. 132. Схема ультразвукового метода контроля сварных соединений:
1 — испытуемый образец,
2 — приемник, 3 — генератор,
4 — усилитель, 5 — начальный импульс, 6 — сигнал от дефекта,
7 — ложный сигнал, 8 — генератор развертки, 9 — излучатель

Электрические импульсы усиливаются и подаются на осциллограф. По характеру отклонения на экране осциллографа судят о дефектах.

Схема ультразвуковой дефектоскопии показана на рис. 132, а на рис. 133 — виды сигналов на экране осциллографа.

Современные ультразвуковые дефектоскопы работают в импульсном режиме, то есть ультразвуковые колебания от пьезокристалла посылаются не непрерывно, а импульсами.

Рис. 133. Сигналы на экране осциллографа (слева — шва без дефекта, справа — с трещиной и непроваром)



При этом для приема отраженных колебаний используется тот же кристалл (во время паузы), что обеспечивает высокую чистоту приема.

Ультразвуковой метод контроля применяется для металла толщиной не менее 4 мм. Перед контролем сварной шов должен быть зачищен от шлака и металлических брызг с обеих сторон. Для обеспечения акустического контакта между щупом и металлом изделие смазывается минеральным маслом.

Для ультразвукового контроля применяют дефектоскопы марок УДМ-3, УД-55ЭМ, ДУК-13, ДУК-66 и другие.

Контроль сварных швов на непроницаемость

Сварные изделия, предназначенные для хранения и транспортировки различных газов и жидкостей, должны быть проведены на непроницаемость. Непроницаемость сварных швов проверяется аммиаком, керосином, с помощью гидравлических и пневматических испытаний, методом вакуумирования, а также газометрическими методами. Испытание аммиаком основано на способности некоторых химических соединений изменять окраску под действием сжиженного аммиака. Эти соединения (например, водный раствор азотнокислой ртути, водноспиртовой раствор фенолфталеина) служат в процессе контроля индикаторами.

Перед испытанием сварные швы тщательно очищаются от шлака, металлических брызг и тому подобных загрязнений. Затем на одну сторону шва укладывается бумажная или тканевая лента, пропитанная 5%-ным раствором азотнокислой ртути, а с другой стороны подается под давлением смесь аммиака с воздухом, содержащая около 1% аммиака. Давление этой смеси выбирает-

ся не превышающим расчетного рабочего давления для испытуемой конструкции. Если в сварных швах имеются поры и трещины, то через несколько минут (1—5 минут) проникающий аммиак окрасит бумагу или ткань в характерный серебристо-черный цвет.

Испытание керосином основано на явлении капиллярности, которое заключается в том, что жидкость при определенных условиях способна подниматься по капиллярным трубкам. В сварных швах такими капиллярными трубками являются сквозные поры и трещины. Испытание керосином дает возможность выявить дефекты размерами от одной десятой миллиметра и больше.

Испытание керосином проводится следующим образом. Сначала сварные швы очищают от загрязнений и осматривают (внешний осмотр). Затем сварной шов покрывается водным раствором кауolina или мела. После высыхания этого раствора противоположная сторона сварного шва два-три раза ступенно смазывается керосином. Имеющиеся в сварном соединении дефекты выявляются на меловом или каолиновом покрытии в виде желтых пятен. Продолжительность испытания должна составлять не менее четырех часов при комнатной температуре.

Емкости и трубопроводы, работающие под давлением, могут быть испытаны пневматическим методом. Малогабаритные сосуды терметизируются заглушками, и в них подается газ, под давлением на 10—20% превышающим рабочее давление. При этом обычно используется азот или инертные газы. Затем сосуд погружается в емкость с водой и по выходящим пузырькам воздуха обнаруживают дефектные места.

Для крупногабаритных сосудов используют несколько иную методику. Сосуд терметизируют, и также накачивают газом повышенного давления. Затем сварные швы

промазывают мыльным раствором, а дефекты выявляют по появившимся пузырькам на поверхности швов.

Гидравлические испытания проводят для проверки сварных швов на прочность и плотность. Такую испытанию подвергаются водопроводы, газопроводы, паропроводы, когда и другие сварные изделия, работающие под давлением.

Перед испытанием сварные конструкции герметизируют водонепроницаемыми заглушками и заполняют водой с помощью насоса или гидравлического пресса. При этом должно быть создано избыточное контрольное давление, в полтора-два раза превышающее рабочее давление.

Изделие выдерживают под таким давлением в течение 5-6 минут, после чего давление снижают до рабочего, а околошовную зону (15-20 мм по обе стороны от шва) простукивают легкими ударами специального молотка с круглым бойком (чтобы не повредить основной металл). Участки шва, где обнаруживается течь, помечают, а после слива воды заваривают. После этого изделие должно подвергаться повторному контролю.

Вертикальные резервуары для хранения нефти и другие крупногабаритные емкости проверяются следующим образом. Эти емкости полностью заполняются водой, а затем выдерживаются задолженными не менее двух часов. Места дефектов выявляют по просачиванию воды.

Вакуумный контроль сварных швов производится в случаях, когда гидравлический или пневматический способы контроля почему-либо невозможны.

Суть этого способа контроля заключается в создании вакуума, а затем обнаружении проникновения воздуха через дефекты. Этот вид контроля позволяет обнаруживать поры размером 0,004-0,005 мм с производительностью до шестидесяти погонных метров сварных швов в час.

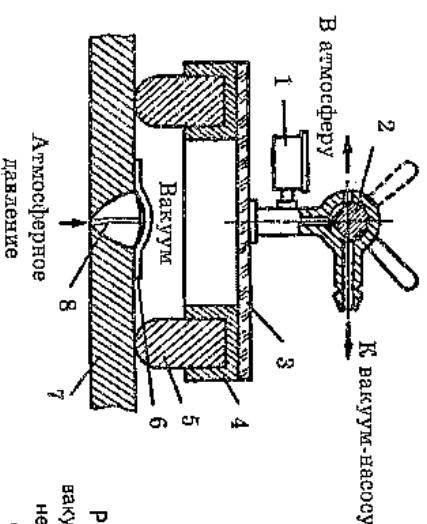


Рис. 134. Схема вакуумного контроля непроницаемости сварного шва

Вакуумный контроль производится с помощью специальной вакуумной камеры (рис. 134). Проверке подлежит участок сварного соединения при этом предварительно смачивается мыльным раствором.

Последовательность действий при осуществлении контроля следующая.

Вакуумная камера устанавливается на проверкемый участок, и в ней с помощью вакуумного насоса создается разрежение. Разрежение контролируется по показаниям вакуумметра 1. В результате создания разности давлений по обеим сторонам сварного шва атмосферный воздух начнет проникать через неплотности 8 сварного соединения 7. В этих местах образуются мыльные пузырьки 6, видимые через прозрачную камеру 3. Неплотности маркируют мелом рядом с камерой. После этого в камеру с помощью трехходового крана 2 выпускается атмосферный воздух, камеру передвигают, а сделанные метки переносят на сам сварной шов. Далее рабочий цикл повторяется на следующем участке.

§ 119. Основные разрушающие виды контроля качества сварки

Механические испытания

Для определения механических свойств сварного соединения одновременно с изданием из тех же материалов и при тех же технологических режимах сваривают пробные пластины или обрезки трубы. В некоторых случаях образцы вырезают непосредственно из изделия.

Для контроля механических свойств основного или наплавленного металла из них изготавливают круглые образцы, которые затем испытывают на статическое напряжение на разрывной машине. При этом одновременно определяют относительное удлинение образца (рис. 135).

Механические испытания свойств сварного соединения проводят на пробной пластине или обрезке трубы (рис. 136). Пластичность металла шва определяют испытанием сварного соединения на статический изгиб (рис. 137).

Испытания проводят на разрывной машине или с помощью специального пресса. Образец загибается до образования трещины. Чем больше угол загиба α , тем выше пластичность.

Испытания сварного соединения на ударную вязкость ведут на специальных машинах — маятниковых кондрах.

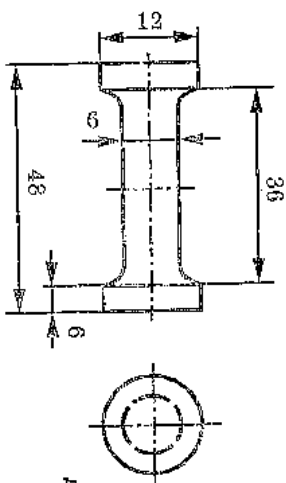


Рис. 135. Образец для испытаний механических свойств наплавленного металла

384

Рис. 136. Образец для испытаний механических свойств сварного соединения

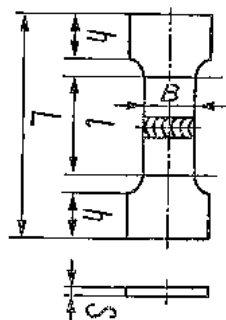
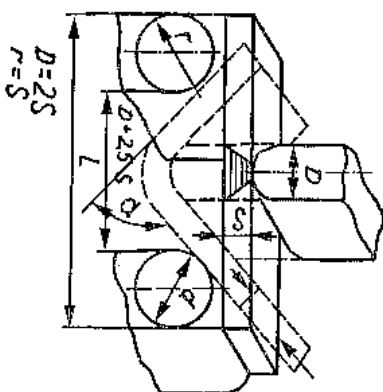


Рис. 137. Образец для испытаний механических свойств на изгиб



Для проведения испытаний изготавливаются специальные образцы квадратного сечения с надрезом со стороны раскрытия шва.

Металлографические методы контроля сварных соединений

Главной задачей металлографических методов является исследование структуры и дефектов основного и наплавленного металла сварных соединений. Металлографический анализ подразделяется на микроструктурный и макроструктурный методы исследования металлов.

При макроструктурном анализе используются изломы металла и так называемые макрошлифы, представляющие собой отшлифованный образец металла, проглавлен-

13. Зак 451

385

ный 25%-ным водным раствором азотной кислоты. Макрошлифы вырезают либо из сварных швов, либо из пробных пластин. Макроструктуру металла рассматривают невооруженным глазом или с помощью лупы.

При микроструктурном исследовании используется микроскоп (50—100-кратное увеличение). Поверхности шлифов не только шлифуются и протравливаются, но и полируются. С помощью микроанализа выявляют пережоги металла, величину зерен металла, изменение состава металла при сварке, микроскопические трещины поры, засоренность неметаллическими включениями и другие дефекты структуры.

Вопросы для самопроверки

1. Перечислите основные виды дефектов сварных соединений.
2. Назовите основные причины возникновения дефектов.
3. Как классифицируются методы контроля качества сварки?
4. Объясните принцип действия метода рентгеновской дефектоскопии.
5. Как производится проверка сварных швов на проницаемость?

Глава 23. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ СВАРКЕ И РЕЗКЕ

§ 120. Техника безопасности при дуговой сварке

При выполнении работ, связанных с дуговой сваркой, возможны следующие опасности для жизни и здоровья рабочих:

— поражение электрическим током;

- поражение лучами дуги глаз и открытые поверхности кожи;
- ушибы и порезы, которые возможны в процессе подготовки изделий к сварке и во время самой сварки;
- ожоги от разбрызгивания капель расплавленного металла и шлака;
- отравление вредными газами;
- взрывы при сварке сосудов, находящихся под давлением;
- взрывы при работе вблизи легковоспламеняющихся и взрывоопасных веществ;
- пожары из-за расплавленного металла и шлаков.

Поражение электрическим током

Поражение электрическим током возникает при замыкании электрической цепи сварочного аппарата через человеческое тело.

Причинами возникновения такого замыкания могут быть:

- недостаточная электрическая изоляция сварочных проводов и аппаратов;

- плохое состояние спецодежды и обуви сварщика;
- сырость помещений;
- теснота помещений;

а также ряд других факторов.

В зависимости от величины электрического тока, который проходит через человека при замыкании, возможны следующие травмы (при частоте тока 50 Гц):

- при токе 0,6—1,5 мА — легкое дрожание рук;
- при 5—7 мА — судороги в руках;
- при 8—10 мА — судороги и сильные боли в пальцах и кистях рук;
- при токе 20—25 мА — паралич рук, затруднение дыхания;

- при токе 50–80 мА — паралич дыхания;
- при токе 90–100 мА — паралич дыхания, а при длительности воздействия более 3 с — паралич сердца;
- при токе 3000 мА и длительности воздействия более 0,1 с — паралич дыхания и сердца, разрушение тканей тела. Следовательно, смертельной нужно считать величину тока порядка 100 мА или 0,1 А.

Если электрический ток имеет частоту выше 500 Гц, его опасное воздействие существенно ослабевает.

Воздействие электрического тока существенно зависит от величины сопротивления человеческого тела, которое в различных частях имеет разную величину. Например, наибольшее сопротивление имеет сухая кожа, ее верхний роговой слой, в котором нет кровеносных сосудов.

Сопротивление тела зависит от внутренних условий (усталость, психологическая подавленность и др.) и внешних условий (температура, влажность, загрязненность и др.).

При напряжении электрического тока более 100 В происходит пробой верхнего рогового слоя кожи, что влечет за собой общее уменьшение сопротивления тела.

При определении условий электробезопасности сопротивление тела считается равным 1000–2000 Ом в зависимости от величины напряжения.

Безопасным считается напряжение, равное 12 В, а при работе в сухих, непроводящих и вентилируемых помещениях — 36 В.

Защита от поражения электрическим током

Для защиты сварщика от поражения электрическим током следует соблюдать следующие условия:

- надежно заземлять корпус источника питания дуги и свариваемое изделие;

- не использовать контур заземления для обратного провода;
- надежно изолировать рукоятку электрододержателя;
- работать в сухой и прочной спецодежде и рукавицах (ботинки сварщика не должны иметь в подошве металлических гвоздей и шпилек);

— в случае отсутствия укрытий прекращать работу при дожде и сильном снегопаде;

— не производить самоту ремонт оборудования и аппаратуры (такую работу должен производить электрик);

— при работе внутри сосудов использовать резиновый коврик и переносную лампу напряжением не более 12 В.

Заземление

Защитное заземление — это соединение металлическим проводом частей электрического устройства с землей.

Земля используется как проводник в цепи замыкания в аварийном режиме работы. При грамотном выполнении заземления электрооборудования образуются две параллельные электрические ветви: одна с наибольшим сопротивлением (3–4 Ом), а другая, в которую входит человек, с большим сопротивлением (2000 Ом). Поэтому при случайном касании тела человека о корпус источника питания, оказавшегося под напряжением, ток через тело человека практически не пойдет.

Заземление выполняется различными способами в зависимости от величины напряжения и системы электропитания (с изолированной нейтралью или с глухо заземленной нейтралью).

На рис. 138 приведена схема подключения сварочного трансформатора в случае питания его от сети с глухозаземленной нейтралью. На схеме показано, что для питания

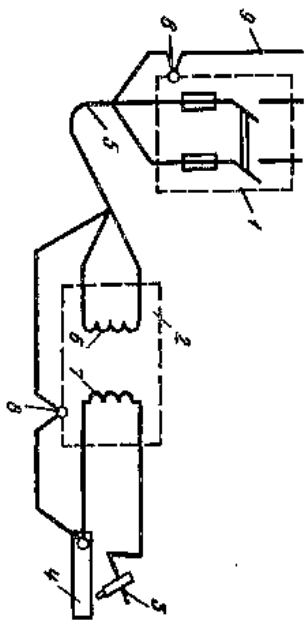


Рис. 138. Схема подключения сварочного трансформатора

с питанием от сети с глухозаземленной нейтралью;

- 1 — пункт подключения, 2 — сварочный трансформатор,
- 3 — электрододержатель, 4 — свариваемое изделие, 5 — питающий шланговый трехжильный провод с заземляющей жилой, 6 — первичная обмотка трансформатора, 7 — вторичная обмотка трансформатора,
- 8 — заземляющий болт на корпусе трансформатора
- и на пункте подключения, 9 — к нулевому проводу сети

дифазного сварочного трансформатора используется трехжильный шланговый кабель, проложенный от пункта подключения до вводной коробки трансформатора. Третья жила кабеля подсоединяется одним концом к корпусу пункта подключения, а другим — к заземляющему болту на корпусе трансформатора. Зажим обмотки низкого напряжения присоединяется к свариваемой детали и одновременно к заземляющим металлическим проводникам — к заземляющему болту на корпусе сварочного трансформатора.

На передвижных сварочных установках используют переносные заземленные устройства.

Оказание первой помощи пострадавшим от электрического тока

В первую очередь необходимо отсоединить от пострадавшего токоведущий провод. Это можно сделать отбрасыва-

нием провода сухой доской, веткой и т. п. или же переуба-
ним провода острыми инструментами с изолирующей (!) ручкой. Еще лучше — если есть такая возможность, — сразу выключить рубильник или предохранитель.

Пострадавшему необходимо обеспечить приток свежего воздуха и полный покой. При отсутствии дыхания и пульса следует немедленно начать искусственное дыхание.

В любом случае при пораженных электрическим током необходимо как можно раньше вызвать врача.

Поражение электрическим током может вызвать клиническую (мнимую) смерть. Состояние клинической смерти продолжается 4—12 минут. В это время человек может быть возвращен (реанимирован) к жизни оказанием медицинской помощи, искусственного дыхания или же венозного массажа сердца.

Следует знать, что констатировать смерть может только врач, поэтому помощь пострадавшему следует оказывать непрерывно до момента прибытия врача.

Искусственное дыхание

Если процедура искусственного дыхания начата на первой минуте, то исход несчастного случая, как правило, благоприятен.

Пострадавшего укладывают на живот. Затем необходимо обеспечить приток свежего воздуха, расстегнуть ворот, пояс и другие части одежды, которые могут затруднять кровообращение в дыхании. Следует также вытянуть язык, который при паралитиче западает в гортань и перекрывает дыхательные пути. Один человек должен удерживать язык пальцами через носовую платок, два других — делать искусственное дыхание. Для этого локти пострадавшего перемещают от нижних ребер до мамоквы головы. Локти необходимо перемещать параллельно

Земле и производить легкое нажатие локтями на середину ребер. Число движений локтями должно быть равно числу собственных глубоких дыханий.

В настоящее время широко распространены способ искусственного дыхания «рот в рот». При этом способе воздух вдывается непосредственно в рот пострадавшего, который должен лежать на спине. При этом под лопатки ему подкладываются мягкий валик (например, из одежды), а голова откидывается назад. Оказывающий помощь делает глубокий вдох, затем плотно (через носовой платок или марлю) прижимает свой рот ко рту пострадавшего и нос должен быть зажат. После вдвания воздуха рот и нос пострадавшего освобождают. Вдвания должны производиться каждые 5—6 сек. Способ искусственного дыхания «рот в рот» является более эффективным, чем ручной, так как при каждом вдвании в легкие пострадавшего поступает в 3—4 раза больше воздуха.

Поражение зрения

Электрическая сварочная дуга выделяет три разновидности излучений: световое, инфракрасное и ультрафиолетовое. Световые лучи сварочной дуги способны ослеплять, поскольку их яркость в 10000 раз превышает допустимую яркость для глаза. Через некоторое непродолжительное время ослабление зрения от воздействия световых лучей происходит.

Инфракрасное излучение может вызывать повреждение глаз только при длительном воздействии. Это повреждение приводит к такому заболеванию как катаракта (омутнение) хрусталика и может приводить к полной или частичной потере зрения. У сварщиков такое заболевание встречается редко.

Ультрафиолетовое излучение даже при кратковременном воздействии на небольшом расстоянии вызывает заболевание глаз — так называемую электроофтальмию (светобоязнь). Основные симптомы заболевания — резь в глазах, слезотечение, временное ослабление зрения. Симптомы выявляются через несколько часов после облучения. Электроофтальмию можно излечить в течение 2—3 дней с помощью капель «Альбуцид» или цинковых капель. Можно применить также промывание слабым чаем и холодные компрессы.

Защита органов зрения

Электросварщики должны работать со светофильтрами, которые задерживают и поглощают излучение дуги. Светофильтры выбираются в соответствии с мощностью дуги (табл. 90).

Таблица 90

Выбор типа светофильтра
в зависимости от мощности сварочной дуги

Величина сварочного тока	Тип светофильтра
От 30 до 75 А	Э-1
От 75 до 200 А	Э-2
От 200 до 400 А	Э-3
Боле 400 А	Э-4, Э-5

Светофильтры имеют размеры стекол 52x102 мм. Стекла светофильтров снаружи предохраняются обычным окномным стеклом, которое сменяется по мере заурядения.

Стены и потолки сварочных мастерских необходимо окрашивать матовой краской темных тонов, исключаящей отражение световых лучей.

Отравление вредными газами и пылью

При сильном загрязнении воздуха сварочной пылью из окислов и др. соединений марганца, углерода, азота, хлора, фтора и т. п. возможно отравление сварщика.

Признаками отравления обычно являются следующие симптомы: тошнота, головокружение, головная боль, слабость, рвота, учащенное дыхание и другие. Отравляющие вещества способны откладываться в различных тканях организма человека и вызывать хронические заболевания.

Для борьбы с загрязнением воздуха проводятся следующие мероприятия:

- устройство приточно-вытяжной вентиляции и передвижных отсосов;
- использование респираторов, а в отдельных случаях и противогазов;
- использование устройств, обеспечивающих приток свежего воздуха через электрододержатель или шлем и др.

Ожоги

При выполнении сварочных работ расплавленный металл и шпак разбрызгиваются. Эти брызги могут попасть на незащищенную кожу сварщика или на одежду и вызвать ожоги. Чтобы обеспечить защиту сварщика от ожогов, он должен быть обеспечен специальной одеждой, которая не плавится и не прогорает, специальной обуви, рукавицами и головным убором.

При сварочных работах рядом с легковоспламеняющимися материалами может возникнуть пожар. Такая опасность особенно высока при работе на строительстве.

Если сварочные работы производятся наверху, то необходимо защитить находящиеся внизу легковоспламеняющиеся предметы от падающих сверху искр. Особая осторожность необходима также в случаях производства

сварочных работ вблизи деревянных лесов, отходов в виде ошелоков и стружек и т. д.

В местах производства сварочных работ должны находиться различные средства пожаротушения: ящик с песком, подведенная вода, огнетушители и т. д.

§ 121. Техника безопасности при плазменно-дуговой резке

Плазменно-дуговая резка требует особо строгого соблюдения правил эксплуатации электростановок и других нормативов по технике безопасности. При плазменно-дуговой резке допускается напряжение холостого хода до 180 В при ручной резке и до 500 В при машинной (в аппаратах с дистанционным управлением).

Плазменно-дуговая резка сопровождается сильным шумом, но он, как правило, не превышает допустимых санитарными нормами уровней. Иногда, при высоких напряжениях плазменной резки, шум может достигать 110-115 дБ, тогда требуется применение защитных устройств от шума.

Плазменно-дуговая резка характерна также образованием большого количества паров и газов; многие из этих газов вредны для здоровья. Так, например, высокая концентрация аргона и азота затрудняет дыхание и может вызвать удушье. Очень опасны пары окислов меди и пинка, которые образуются при резке меди и латуни.

Поэтому при резке сжатой дугой необходима не только общая, но и местная вентиляция.

Кроме того, плазменно-дуговая резка сопровождается интенсивным излучением, что также требует защитных мероприятий. Для защиты глаз резчика широко

применяются, например, шпатель с защитными стеклами и очки со светофильтрами типа В-2 и В-3.

При плазменно-дуговой резке возможны и другие опасности (взрыв сжатого газа, брызги расплавленного металла и др.), поэтому при выполнении этих работ всегда требуется особая осторожность.

§ 122. Техника безопасности при газовой сварке и резке

При газовой сварке и резке основные источники опасности следующие:

— взрывы ацетиленовых генераторов от обратного удара пламени (если не срабатывает водяной затвор);

— взрывы кислородных баллонов в момент их открытия, в случае если на штуцере баллона или на клапане редуктора имеется масло;

— неосторожное обращение с пламенем газовой горелки или резака. В этом случае возможно возгорание одежды, волос сварщика, ожог и возникновение пожара;

— повреждение глаз, если сварщик не пользуется светофильтрами;

— отравление вредными газами (при отсутствии вентиляции).

Для того чтобы избежать взрыва ацетиленового генератора, необходимо регулярно проверять его исправность, следить за тем, чтобы водяной затвор всегда был заполнен водой до нужного уровня, и периодически проверять его, открывая контрольный кран затвора.

При выполнении ручных и механизированных газопламенных работ необходимо работать в защитных очках со стеклами Г-1, Г-2, Г-3. Вспомогательные рабочие пользуются очками со стеклами В-1, В-2, В-3.

При выполнении газовой сварки и резки внутри отсек, резервуаров, емк., где могут скапливаться вредные газы, должны использоваться переносные приточно-вытяжные вентиляторы.

Газовые баллоны запрещается переносить на плечах; следует использовать специальные носилки или тележки. Кислородные и ацетиленовые баллоны должны всегда располагаться в вертикальном положении.

Запрещается устанавливать газовые баллоны на солдце, вблизи отопительных приборов и любых других источников тепла. Любой баллон должен находиться на расстоянии не ближе 5 метров от газовой горелки или резака.

К выполнению работ с использованием бензина, керосина и их смесей допускаются только специально обученные сварщики, имеющие соответствующие удостоверения.

При выполнении газовой сварки и резки необходимо руководствоваться «Правилами техники безопасности и производственной санитарии при производстве ацетиленов, кислорода и газопламенной обработке металлов».

Вопросы для самопроверки

1. Каковы основные причины электротравматизма?
2. Какие способы оказания помощи при поражениях электрическим током вы знаете?
3. Какая помощь может быть оказана пострадавшему от дугового электричества?
4. Каковы основные источники опасности при газопламенных работах?
5. Как делается искусственное дыхание?

Приложение 1
Условное буквенное обозначение
легирующих элементов

Наименование легирующего элемента	Условное обозначение элемента по таблице Менделеева	Условное обозначение при маркировке металла
Марганец	Mn	Г
Никель	Ni	Н
Молибден	Mo	М
Вольфрам	W	В
Селен	Se	В
Кремний	Si	С
Хром	Cr	Х
Алюминий	Al	Ю
Титан	Ti	Т
Нобий	Nb	В
Ванадий	V	Ф
Кобальт	Co	К
Медь	Cu	Д
Bor	B	Р
Азот	N	А*

* Примечание: в высоколегированных сталях (леглях) ставить в конце обозначения марки).

Приложение 2
Окраска баллонов для газов и жидкостей на них

Газ	Цвет окраски баллона	Цвет надписи	Цвет полосы
Аргон	Серый	Зеленый	Зеленый
Гелий	Коричневый	Белый	-
Двуокись углерода	Черный	Желтый	-
CO ₂	Черный	Желтый	Коричневый
Азот	Голубой	Черный	-
Кислород	Темно-зеленый	Красный	-
Водород			

Приложение 3

Основные свойства горючих газов и жидкостей
для сварки и резки металлов

Наименование газа	Плотность при нормальных условиях, кг/м ³	Нижшая теплотворная способность при нормальных условиях, ккал/м ³	Температура пламени в смеси с кислородом, °С	Коэффициент замены ацетиленом	Область применения	Способ хранения и транспортировки
Ацетилен	1,09	52800	3100-3200	1	Все виды газопламенной обработки	В баллонах под давлением до 1,9 МПа растворенный в ацетоне
Метан	1,67	35600	2400-2700	1,6	Сварка легкоплавких металлов, сайка, кислородная резка	Газообразный в баллонах под давлением 15 МПа или по трубопроводу
Пропан	1,88	93000	2600-2750	0,6	Сварка и пайка цветных металлов, сварка стали до 6 мм толщиной, кислородная резка, правка, гибка, огневая зачистка	В баллонах в жидком виде под давлением 1,6 МПа
Бутан	2,54	116500	2400-2500	0,45	То же	То же
Пропан-бутан	1,87	22200	2500-2700	0,6	То же	То же

Наименование газа	Плотность при нормальных условиях, кг/м ³	Низшая теплотворная способность при нормальных условиях, ккал/м ³	Температура пламени в смеси с кислородом, °С	Коэффициент замены ацетиленом	Область применения	Способ хранения и транспортировки
Водород	0,084	10100	2400-2600	5,2	Для сварки сталей толщиной до 2 мм, чугуна, латуни, алюминия	Газообразный в баллонах под давлением до 15 МПа
Нефтяной газ	0,87-1,38	41000-56600	2000-2400	1,2	Сварка легкоплавких металлов, кислородная резка, пайка	По газопроводу
Коксовый газ	0,4-0,55	14700-17600	2100-2300	3,2	То же	То же
Городской газ	0,84-1,05	17200-21000	2000-2300	3,0	То же	В баллонах под давлением до 15 МПа и по газопроводу
Керосин (пары)	0,32-0,84	10000-10200	2400	1,0-1,3	Сварка и пайка легкоплавких металлов, кислородная резка стали	В жидком виде в бочках и цистерках
Бензин (пары)	0,7-0,76	10500	2500-2600	1,4	То же	То же

Приложение 4

Химический состав и механические свойства сталей некоторых марок

Таблица 91

Химический состав и механические свойства низколегированных низкоуглеродистых сталей некоторых марок

Марка стали	Химический состав, %												Механические свойства		
	Углерод	Марганец	Кремний	Хром	Никель	Медь	Ванадий	Молибден	Титан	Бор	Сера	Фосфор	δ_s , кгс/мм ²	δ_m , кгс/мм ²	a_k , кгс·м/см ²
15 ГС	0,15	1,1	0,8	0,3	0,3	0,3	-	-	-	-	0,04	0,04	48-50	34-35	-
14Г2	0,14	1,4	0,9,22	0,07	0,1	0,1	-	-	-	-	0,025	0,013	48-52	35-37	0,7-8,5
10ХСНД	0,11	0,65	0,95	0,71	0,52	0,42	-	-	-	-	0,028	0,030	54-55	40-42	-
15ХСНД	0,17	0,7	0,55	0,73	0,40	0,27	-	-	-	-	0,24	0,019	56-61	40-42	4,2-5,4
14ХГНМ	0,16	1,2	0,3	1,1	1,4	-	0,1	0,4	-	-	0,02	0,02	85-89	75	5,0
15ХГ2СМФ	0,18	1,63	0,56	0,55	0,04	0,13	0,08	0,17	0,01	0,003	0,022	0,02	75-97	63-84	0,5-4,5
10Г2С1	0,1	1,44	0,97	0,09	0,04	0,23	-	-	0,021	-	0,023	0,027	53	36	11,1-13,9
15Г2СФ	0,18	1,6	0,52	0,02	0,05	0,13	0,7	-	0,01	-	0,024	0,023	68-90	54-62	5,2-7,7
12ХГН	0,14	1,3	0,4	0,6	1,3	0,3	-	-	-	-	0,04	0,04	48-50	31-35	-
12Г2СМФ	0,11	1,36	0,6	0,07	0,04	0,06	0,13	0,18	0,018	-	0,022	0,02	77	70	5,8-7,4

Таблица 92

**Химический состав и механические свойства низко-
и среднелегированных среднеуглеродистых сталей некоторых марок
(механические свойства указаны после закалки и отпуска)**

Марки стали	Химический состав, %						Механические свойства (не менее)			
	Углерод	Марганец	Кремний	Хром	Никель	Молибден	δ_s , кгс/мм ²	δ_m , кгс/мм ²	δ , %	α_s , кгс·м/см ²
20Х2МА	0,18-0,24	0,70-0,70	0,17-0,37	2,1-2,4	0,3-0,7	0,25-0,35	60	45	16	7
20ХГСА	0,17-0,23	0,8-1,1	0,9-1,2	0,8-1,1	-	-	80	65	12	7
25ХГСА	0,22-0,28	0,8-1,1	0,9-1,2	0,8-1,1	-	-	110	85	10	6
30ХГС	0,28-0,35	0,8-1,1	0,9-1,2	0,8-1,1	до 0,25	-	110	85	10	5
30ХГСНА	0,27-0,34	1,0-1,3	0,9-1,2	0,9-1,2	1,4-1,8	-	165	140	9	6
30ХГСА	0,28-0,34	0,8-1,1	0,9-1,2	0,8-1,1	-	-	110	85	10	5
30ХН2МФА	0,26-0,33	0,3-0,6	0,17-0,37	0,6-0,9	0,2-2,5	0,2-0,3	90	80	10	9

Таблица 93

Химический состав легированных теплоустойчивых сталей и их свариваемость

Марка стали	Химический состав, %						Свариваемость
	Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Прочие	
12ХМ	0,12	0,17-0,37	0,4-0,7	0,4-0,6	0,25	Молибден 0,4-0,55	Хорошая
12ХМ1МФ	0,12	0,17-0,37	0,4-0,7	0,9-1,2	0,25	Молибден 0,25-0,35 Ванадий 0,15-0,30	Хорошая
25Х2МФА	0,25	0,17-0,37	0,4-0,7	1,5-1,8	0,25	Молибден 0,25-0,35 Ванадий 0,15-0,3	Удовлетворительная
15ХМ	0,15	0,17-0,37	0,4-0,7	0,8-1,1	0,25	Молибден 0,4-0,55	Хорошая
30ХМ	0,3	0,7-0,34	0,4-0,7	0,8-1,1	0,25	Молибден 0,15-0,25	Удовлетворительная

Химический состав высоколегированных сталей

Марка стали	Химический состав, %					
	Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Прочие
1X13	До 0,15	0,6	0,6	12,0-14,0	0,6	-
4X13	0,35-0,45	0,6	0,6	12,0-14,0	0,6	-
1X18H9	до 0,14	0,8	2,0	17,0-20,0	8,0-11,0	-
1X18H9T	до 0,12	0,8	2,0	17,0-20,0	8,0-11,0	Титан до 0,8
X6C	до 0,15	1,5-2,0	0,7	5,0-6,5	0,6	-
X12ЮС	0,7-0,12	1,2-2,0	0,7	11,5-14,0	0,5	Алюминий 1,0-1,9
X5M	до 0,15	0,5	0,6	4,0-6,0	-	Молибден 0,5-0,6
4X14H14B2M	0,4-0,15	0,8	0,7	13,0-15,0	13,0-15,0	Ванадий 2,0-2,75 Молибден 0,25-0,4
1X14H14B2M	до 0,15	0,8	0,7	13,0-15,0	13,0-15,0	Ванадий 2,0-2,75 Молибден 0,45-0,6

Некоторые характеристики твердых и мягких припоев

Технические характеристики некоторых мягких припоев

Марка припоя	Температура плавления припоя, °С	Химический состав в % по массе					Область применения
		Олово	Сурьма	Висмут	Кадмий	Свинец	
ПОС18	277	17-18	2-2,5	Не более 0,1	-	Остальное	Лужение подшипников, пайка меди и медных сплавов, пайка цинка и оцинкованного железа
ПОС40	235	39-40	1,5-2,0	Не более 0,1	-	Остальное	Пайка латуни, железа, меди и медных сплавов
ПОС60	182	60-62	1,5-2,0	Не более 0,1	-	Остальное	Пайка деталей радиоаппаратуры
ПОС90	222	89-90	не более 0,15	Не более 0,1	-	Остальное	Латунь, железо, медь. Для пищевой промышленности и при изготовлении медицинских приборов
«Легкоплавкий сплав»	70	13	-	50	10	27	Пайка изделий из легкоплавких сплавов

Технические характеристики некоторых твердых припоев

Марка припоя	Температура плавления, °С	Химический состав в % по массе					Область применения
		Медь	Серебро	Кремний	Алюминий	Цинк	
МПЦ54	880	52-50	-	-	-	Остальное	Пайка меди, бронзы, стали
ПМЦ48	865	46-50	-	-	-	Остальное	Пайка медных сплавов с содержанием меди свыше 68%
ПМЦ36	825	34-38	-	-	-	Остальное	Пайка латуней с содержанием меди до 68%
Л63	905	60-64	-	-	-	Остальное	Пайка меди, стали, никеля, серого чугуна
ПСр25	775	39-41	24-25	-	-	33-36,5	Пайка меди и стали при повышенных требованиях к коррозионной стойкости
ПСр45	725	29,5-30,5	45	-	-	23,5-26,0	Пайка деталей приборов, пайка меди, латуни, нержавеющей стали
ПСр65	740	19,5-20,5	65	-	-	13,5-16,0	То же
ПСр70	755	25,5-26,5	70	-	-	3,0-5,0	Пайка меди, латуни, серебра. Пайка проводов с высокой электропроводностью
АЛ2	575	-	-	10-13	80-87	-	Пайка изделий из алюминия

Длина электрода в зависимости от его диаметра

Таблица 97

Приложение 6

Диаметр электрода, мм	Длина электрода, мм	
	Углеродистого или легированного	Высоколегированного
1,6	200; 250	150; 200
2,0	250	200; 250
2,5	250; 300	250
3,0	300; 350	300; 350
4,0	350; 450	350
5,0	450	350; 450
6,0		
8,0		
10,0	450	350; 450
12,0		

Приложение 7

Основные неисправности сварочных трансформаторов
Таблица 98

Окончание табл. 98

Неисправность	Причины возникновения
Трансформатор не включается	Обрыв в цепи
При включении трансформатора срабатывает защита	1) Короткое замыкание в первичной цепи (замыкание между питающими проводами, витками катушек первичной обмотки, между корпусом и питающими проводами, пробой конденсаторов и т. д.); 2) Замыкание между стальными листами магнитопровода через поврежденную изоляцию; 3) Пробой напряжения с первичной обмотки на вторичную (при заземлении одного из проводов вторичной обмотки); 4) Напряжение питающей сети опасно высоко по сравнению с номиналом трансформатора, либо на трансформатор подано напряжение постоянного тока
Корпус трансформатора под напряжением	Пробой первичной обмотки трансформатора на корпус через поврежденную изоляцию
Сильный нагрев сердечника и окружающих его шпикет	Нарушение изоляции листов сердечника и шпикет
Сильный нагрев трансформатора	1) Межвитковое замыкание в катушках; 2) Замыкание между отдельными листами магнитопровода; 3) Замыкание между сварочными проводами; 4) Перегрузка трансформатора вследствие большой продолжительности работы; 5) Перегрузка трансформатора из-за неправильного выбора электрода

Неисправность	Причины возникновения
Трансформатор подает на дугу малый сварочный ток	1. Падение напряжения в первичной цепи или в сварочных проводах вследствие их большого сопротивления 2. Неисправность регулятора сварочного тока 3. Неправильная установка регулятора сварочного тока
Трансформатор потребляет большой ток из сети при отсутствии нагрузки	Межвитковое замыкание
Плохо регулируется сварочный ток	1. Неисправность винта регулятора 2. Замыкание в катушках дросселя
Трансформатор не обеспечивает верхний или нижний пределы регулировки сварочного тока	Подвижные вторичные катушки не доходят до предела на-за: 1) неисправности ходового винта; 2) попадания посторонних предметов между катушкой и стержнем
Сильное гудение трансформатора	1. Ослабление болтов, стягивающих сердечник 2. Ослабление винтов крепления кожуха трансформатора 3. Перекос сердечника регулятора 4. Неисправность крепления сердечника 5. Неисправность механизма перемагничивания катушек
При работе внезапно возникает дуга	1. Обрыв или нарушение контакта в сварочных проводах 2. Пробой первичной обмотки во вторичную сварочную цепь 3. Замыкание между проводами

Оглавление

Глава 1. Общие сведения о сварке	3
§ 1. Классификация различных видов сварки	3
§ 2. Крайние характеристики основных видов сварки	4
§ 3. Понятие о свариваемости металлов	16
§ 4. Термическая резка металлов и сплавов	17
Глава 2. Сварочный пост. Инструменты и принадлежности сварщика	18
§ 5. Сварочный пост	18
§ 6. Принадлежности для сварки	20
Глава 3. Сварочная дуга и ее свойства	26
§ 7. Сварочная дуга и ее разновидности	26
§ 8. Структура сварочной дуги	29
§ 9. Специфика сварочной дуги	32
§ 10. Основные характеристики тепловых свойств сварочной дуги	35
§ 11. Способы зажигания сварочной дуги	37
§ 12. Перенос расплавленного металла сварочной дугой	38
§ 13. Основные показатели процесса дуговой сварки	40
Глава 4. Металлургические процессы при сварке	44
§ 14. Классификация металлов	44
§ 15. Особенности металлургической сварки	46
§ 16. Некоторые химические процессы, сопровождающие процесс сварки	50
§ 17. Структуры сварных швов	54
Зона термического влияния	54
Глава 5. Сварные соединения и швы	57
§ 18. Классификация сварных соединений и швов	57
§ 19. Геометрические характеристики формлы подготовки кромок под сварку	61
§ 20. Условные обозначения сварных швов	62
§ 21. Понятие о расчете сварных швов на прочность	66
Глава 6. Электроды и другие сварочные материалы	68
§ 22. Проволока сварочная стальная	68
§ 23. Порошковая проволока	70
§ 24. Покрывается электродов	72
§ 25. Классификация электродов	75
§ 26. Типы электродов для сварки конструктивных сталей	78
§ 27. Неплавящиеся электроды	81
§ 28. Флюсы для дуговой сварки	82

Оглавление

Глава 7. Деформации и напряжения при сварке	84
§ 29. Силы деформации и напряжения	84
§ 30. Виды деформаций в сварных изделиях и их причины	88
§ 31. Основные методы борьбы со сварочными напряжениями и деформациями	91
Глава 8. Техника выполнения ручной дуговой сварки	95
§ 32. Подготовка металла для сварки	95
§ 33. Сборка изделия под сварку	96
§ 34. Техника выполнения сварных швов	97
§ 35. Режимы сварки	104
§ 36. Влияние режима сварки на форму и размеры шва	106
§ 37. Выполнение сварки в нижнем положении	108
§ 38. Особенности выполнения вертикальных, горизонтальных и потолочных швов	114
§ 39. Способы высокопроизводительной ручной дуговой сварки	117
§ 40. Газы для газовой сварки и резки	121
Глава 9. Аппаратура и материалы для газовой сварки и резки	121
§ 41. Получение ацетилене из карбида кальция	128
§ 42. Ацетиленовые генераторы	130
§ 43. Предохранительные затворы	136
§ 44. Баллоны для сжатых газов. Баллонные вентили	139
§ 45. Регуляторы для сжатых газов	142
§ 46. Газовые рукава (шланги)	146
§ 47. Сварочные горелки	147
Глава 10. Сварочное пламя	154
§ 48. Структура сварочного пламени	154
§ 49. Виды сварочного пламени	156
§ 50. Металлургические процессы при газовой сварке	158
Глава 11. Технология газовой сварки	160
§ 51. Области применения газовой сварки	160
§ 52. Выбор и регулировка сварочного пламени	161
§ 53. Правая и левая сварка	162
§ 54. Положение горелки и присадочной проволоки	164
§ 55. Подготовка и сборка изделия под сварку	165
§ 56. Газовая сварка в различных пространственных положениях	166
§ 57. Напряжение и деформации при газовой сварке	169
Глава 12. Оборудование для кислородной резки	171
§ 58. Резак для кислородной резки	171
§ 59. Универсальные инжекторные резаки	171
§ 60. Вспомогательные резаки	174
§ 61. Специальные резаки	175

§ 62. Керосиновые резаки	177
§ 63. Правила обращения с резаками	181
§ 64. Матрицы для кислородной резки	182
Глава 13. Кислородная резка металлов	190
§ 65. Классификация процессов резки	190
§ 66. Условия резки металлов окислением (горением)	191
§ 67. Факторы, влияющие на процесс кислородной резки	193
§ 68. Режимы резки	195
§ 69. Техника и приемы ручной кислородной резки	198
§ 70. Техника машинной кислородной резки	205
Глава 14. Дуговая резка металлов	207
§ 71. Дуговая резка металлов электродами	207
§ 72. Кислородно-дуговая резка металлов	210
§ 73. Воздушно-дуговая резка	211
§ 74. Плазменно-дуговая резка металлов	214
§ 75. Дуговая резка под водой	216
Глава 15. Сварка углеродистых и легированных сталей	217
§ 76. Краткие сведения о сталях	217
§ 77. Классификация сталей по свариваемости	220
§ 78. Сварка углеродистых конструктивных сталей	222
§ 79. Сварка низколегированных сталей	227
§ 80. Сварка среднелегированных сталей	229
§ 81. Сварка легированных теплоустойчивых сталей	231
§ 82. Сварка высоколегированных коррозионно-стойких, жароустойчивых и жаропрочных сталей и сплавов	234
Глава 16. Сварка чугуна	240
§ 83. Чугуны	240
§ 84. Особенности сварки чугуна	244
§ 85. Горячая сварка чугуна	245
§ 86. Холодная сварка чугуна	248
Глава 17. Сварка цветных металлов	252
§ 87. Сварка меди	252
§ 88. Сварка латуни и бронзы	260
§ 89. Сварка алюминия и его сплавов	265
§ 90. Сварка никеля и его сплавов	271
§ 91. Сварка титана и его сплавов	273
Глава 18. Наплавка и пайка	275
§ 92. Разновидности процессов наплавки	275
§ 93. Материалы для наплавки	276
§ 94. Техника дуговой наплавки	282
§ 95. Плазменная наплавка	283
§ 96. Пайка металлов	285

Глава 19. Источники питания	287
§ 97. Требования к источникам питания сварочной дуги	287
§ 98. Характеристики источников питания	289
§ 99. Общие сведения о сварочных трансформаторах	294
§ 100. Сварочные трансформаторы с нормальным магнитным рассеянием	295
§ 101. Трансформаторы с увеличенным магнитным рассеянием	302
§ 102. Сварочные преобразователи и сварочные аппараты	309
§ 103. Многополюсная сварочная преобразовательная установка	321
§ 104. Сварочные выпрямители	322
§ 105. Осцилляторы и импульсные возбуждители дуги	329
§ 106. Транзисторные и тиристорные выпрямители для сварочных работ	331
§ 107. Параллельное включение источников питания	333
Глава 20. Общие сведения о сварочных аппаратах и получаваемой сварке под флюсом	336
§ 108. Общие сведения о сварочных аппаратах	336
§ 109. Устройство полуавтоматов для дуговой сварки	338
§ 110. Подушатоматическая сварка под флюсом	345
Глава 21. Сварка в защитных газах	348
§ 111. Общие сведения о сварке в защитных газах	348
§ 112. Общие сведения о защитных газах	349
§ 113. Полуавтоматическая сварка в углекислом газе и его смесях	351
§ 114. Технолога ручная дуговая сварки вольфрамовым электродом в инертных газах	356
Глава 22. Дефекты и контроль качества сварных соединений	364
§ 115. Классификация дефектов сварных соединений	364
§ 116. Краткая характеристика дефектов сварных соединений	366
§ 117. Способы контроля качества сварных соединений	371
§ 118. Неразрушающие способы контроля сварных соединений	373
§ 119. Основные разрушающие виды контроля качества сварки	384
Глава 23. Техника безопасности при сварке и резке	386
§ 120. Техника безопасности при дуговой сварке	386
§ 121. Техника безопасности при плазменно-дуговой резке	395
§ 122. Техника безопасности при газовой сварке и резке	396

Учебное издание

Чебан Валерий Анатольевич

СВАРОЧНЫЕ РАБОТЫ

Ответственный редактор *Оксана Морозова*
Технический редактор *Галина Лозгинова*
Корректор *Наталья Шлыкova*
Компьютерная верстка: *Лариса Зайцева*

Подписано в печать 27.09.2006.

Формат 84x108/32. Бумага типографская № 2.
Гарнитура «Школьная». Тираж 3 000.
Заказ № 451.

Издательство «Феникс»

344082, г. Ростов-на-Дону, пер. Халтуринский, 80.
Тел.: (863) 261-89-76, тел./факс: (863) 261-89-50.
E-mail: porozovateh@aaanet.ru

Отпечатано с готовых диалогитивов в ЗАО «Книга».
344019, г. Ростов-на-Дону, ул. Советская, 57
Качество печати соответствует представленным диалогитивам.

КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ФЕНИКС» ДЛЯ КРУПНООПТОВЫХ ПОКУПАТЕЛЕЙ

344082, г. Ростов-на-Дону, пер. Халтуринский, 80
Тел. (863) 261-89-53, e-mail: korb@rhoenixrostov.ru

Представительства в г. Москва

ул. Космонавта Волкова, 25/2, 1-й этаж, (м «Войковское»)
Директор – *Михаил Виталий Васильевич*
Тел.: (095) 156-05-68, 450-08-35, 8-916-526-4376
e-mail: fenix-m@yandex.ru

ш. Фрезер, д. 17, район метро «Авиамоторная»

Директор – *Михаил Виталий Васильевич*
Тел.: (095) 517-32-95, 107-44-98, 711-79-81
e-mail: mosfel@rosfta.ru, mosfel@bk.ru

Издательский Торговый Дом «КнарРус»

ул. Б. Переславская, 46, (м «Рижская», «Пр. Мира»)
Тел. (095) 680-02-07, 680-72-54, 680-92-13
e-mail: rhoenix@kncrus.ru

Представительства в г. Санкт-Петербург

198096, г. Санкт-Петербург, ул. Кроштинская, 11, офис 17
Тел.: (812) 335-34-84, e-mail: ftx.srb@mail.ru
Директор: Стрельникова Оксана Борисовна

Представительства в г. Новосибирск

ООО «ТОП-Книга», Новосибирск, ул. Арбузова 1/1
Директор – *Вальцева Ирина*
Тел.: (3832) 361028 доб. 165, e-mail: rhoenix@top-kniga.ru

Представительства в Украине

ООО «Кредао», Донецк, пр. Ватутина, 2 (офис 401)
Тел. +38 062 – 345-63-08, 339-60-85, e-mail: moiseenko@skif.net

Самара и Тольятти

«Накони» – книготорговая фирма
г. Самара, ул. Чакаова, д. 100. Тел. (846) 242-96-30
г. Тольятти, 15-й квартал, ул. Автостроителей, 56а, 2-й эт.
(8482) 30-84-17, 76-29-05.
Интернет-магазин: www.chasopne.ru

Сайт Издательства «Феникс» <http://www.rhoenixrostov.ru>

По вопросам издания книг обращаться:
Тел. 8-863-2618950, e-mail: office@rhoenixrostov.ru