

abc

НАЧАЛЬНОЕ
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
ОБРАЗОВАНИЕ

УЧЕБНИК

В. В. ОВЧИННИКОВ

ОБОРУДОВАНИЕ, ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ И РЕЗКИ МЕТАЛЛОВ

КНОРУС

НАЧАЛЬНОЕ
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
ОБРАЗОВАНИЕ

В.В. Овчинников

ОБОРУДОВАНИЕ, ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ И РЕЗКИ МЕТАЛЛОВ

Рекомендовано
ФГУ «Федеральный институт развития образования»
в качестве учебника для использования
в учебном процессе образовательных учреждений,
реализующих программы
начального профессионального образования



МОСКВА
2010

УДК 621.791:629.2/8(075.8)
ББК 34.641я73
О-35

Рецензенты

В.А. Корзинин, заместитель директора по учебно-производственной работе колледжа архитектуры и строительства № 7,

В.М. Шаров, генеральный директор ООО «НПО „Источник“», канд. техн. наук

Овчинников В.В.

О-35 Оборудование, техника и технологии сварки и резки металлов: учебник / В.В. Овчинников. — М.: КНОРУС, 2010. — 304 с. — (Начальное профессиональное образование).

ISBN 978-5-406-00270-4

Приведены общие сведения о сварке, сварных соединениях и швах. Рассмотрены различные современные способы сварки. Изложены основные сведения по технологиям конструкционных материалов. Описаны способы резки металлов и сплавов.

Для учащихся учреждений начального профессионального образования, обучающихся по специальности «Сварщик, электросварщик, электросварщик по автоматическому и по полуавтоматическому шву», электросварщик ручной сварки. Может быть полезен студентам учреждений среднего профессионального образования, а также рабочим и мастерам сварочного производства.

УДК 621.791:629.2/8(075.8)
ББК 34.641я73

Овчинников Виктор Васильевич
**ОБОРУДОВАНИЕ, ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ
СВАРКИ И РЕЗКИ МЕТАЛЛОВ**

Санитарно-эпидемиологическое заключение
№ 77 59.60 953.Д.001365.04.09 от 01.01.2009 г.

Изд. № 1141. Подписано в печать 12.01.2010. Формат 60×90/16.

Гарнитура «NewTonС». Печать офсетная.

Усл. печ. л. 19,0. Уч.-изд. л. 14,0. Тираж 2000 экз. Заказ №

ООО «Издательство КноРус».

129110, Москва, ул. Ботаника Переведлавская, 46, стр. 7

Тел.: (495) 680-9254, 680-0671, 680-1278

E-mail: office@klorus.ru <http://www.klorus.ru>

Отпечатано в ОАО «Московская типография № 2».

129085, Москва, пр. Мира, 105

ISBN 978-5-406-00270-4

© Овчинников В.В., 2010

© ООО «Издательство КноРус», 2010

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	6
Глава 1. Оборудование сварочного поста для ручной дуговой сварки	
1.1. Стационарный сварочный пост для ручной дуговой сварки	8
1.2. Общие сведения об источниках питания	14
1.3. Внешняя характеристика источника питания	16
1.4. Режим работы источников питания	21
1.5. Классификация и обозначение источников питания	22
1.6. Сварочные трансформаторы. Достоинства и недостатки.	23
1.7. Сварочные выпрямители	29
1.8. Резонансные источники питания	34
1.9. Сварочные инверторы	36
1.10. Сварочные преобразователи и агрегаты	39
1.11. Вспомогательные устройства для электросварки.	45
Глава 2. Техника и технология ручной дуговой сварки покрытыми электродами	
2.1. Схема процесса ручной дуговой сварки покрытыми электродами.	51
2.2. Покрытые электроды для ручной дуговой сварки и наплавки.	52
2.3. Покрытые электроды	54
2.4. Условное обозначение и характеристики покрытых электродов	59
2.5. Техника выполнения сварных швов	61
2.6. Особенности сварки тонкостенных стальных деталей	100
2.7. Ручная дуговая сварка оцинкованного металла	101
2.8. Заварка трещин и отверстий	102
2.9. Сварка с глубоким проплавлением.	106
2.10. Сварка углеродистых, легированных и теплоустойчивых сталей	107
2.11. Сварка чугуна	111
2.12. Сварка алюминия и его сплавов покрытыми электродами	117
2.13. Наплавка	119

Глава 3. Оборудование и аппаратура для газовой сварки и кислородной резки

3.1. Схемы постов газовой сварки	128
3.2. Ацетиленовые генераторы.	129
3.3. Предохранительные затворы и огнепреградители	133
3.4. Баллоны для сжатых газов, вентили для баллонов.	137
3.5. Редукторы для сжатых газов.	143
3.6. Трубопроводы и шланги для горючих газов и кислорода	147
3.7. Горелки для газовой сварки	149

Глава 4. Техника и технология газовой сварки

4.1. Области применения газовой сварки	156
4.2. Сварочное пламя, его строение и характеристики.	156
4.3. Типы сварных соединений и швов при газовой сварке	160
4.4. Подготовка деталей под сварку	163
4.5. Режимы сварки	165
4.6. Особенности сварки швов в различных положениях	171
4.7. Дефекты сварных швов	173
4.8. Особенности газовой сварки углеродистых и низколегированных углеродистых сталей	174
4.9. Газовая сварка чугуна.	176
4.10. Газовая сварка цветных металлов и сплавов.	179

Глава 5. Оборудование и технология кислородной резки

5.1. Резаки для ручной кислородной резки	186
5.2. Общие сведения о кислородной резке.	194
5.3. Сущность процесса кислородной резки.	195
5.4. Технология разделительной кислородной резки стали	197
5.5. Специальные виды кислородной резки	205

Глава 6. Оборудование и технология полуавтоматической сварки

6.1. Оборудование для полуавтоматической сварки	212
6.2. Источник сварочного тока	214
6.3. Сварочная горелка	216
6.4. Электродная проволока	218
6.5. Механизм подачи электродной проволоки	221
6.6. Газовые смеси, редукторы, расходомеры	224
6.7. Сварка плавящимся электродом в защитном газе	231
6.8. Технология сварки	244

6.9. Характерные дефекты сварки плавящимся электродом и способы их предотвращения	253
Глава 7. Оборудование и технология дуговой сварки под флюсом	
7.1. Сущность и преимущества	257
7.2. Оборудование для сварки и наплавки под флюсом	261
7.3. Электродные материалы и флюсы	270
7.4. Влияние основных параметров на качество сварки	273
7.5. Технология сварки под флюсом	282
7.6. Особенности сварки под флюсом сталей различных систем легирования	300
Список литературы	303

ПРЕДИСЛОВИЕ

Сварочная техника и технология занимают одно из ведущих мест в современном производстве. Свариваются корпуса гигантских супертанкеров и сетчатка человеческого глаза, миниатюрные детали полупроводниковых приборов и кости человека при хирургических операциях. Многие конструкции современных машин и сооружений, например космические ракеты, подводные лодки, газо- и нефтепроводы, изготовить без помощи сварки невозможно. Развитие техники предъявляет все новые требования к способам производства и, в частности, к технологии сварки. Сегодня сваривают материалы, которые еще относительно недавно считались экзотическими. Это титановые, ниобиевые и бериллиевые сплавы, молибден, вольфрам, композиционные высокопрочные материалы, керамика, а также всевозможные сочетания разнородных материалов. Свариваются детали электроники толщиной в несколько микрон и детали тяжелого оборудования толщиной в несколько метров. Постоянно усложняются условия, в которых выполняются сварочные работы: сваривать приходится под водой, при высоких температурах в глубоком вакууме, при повышенной радиации, в невесомости. Недаром сварка стала вторым после сборки технологическим процессом, впервые в мире опробованным нашими космонавтами в космосе.

Необходимость повышения производительности труда ведет к увеличению уровня механизации и автоматизации сварочного производства, к его оснащению новыми сложными машинами и агрегатами, без которых сегодня немыслимо серийное производство многих видов продукции. Наглядный пример тому — сварочные автоматические линии Волжского автозавода. В сварочное производство активно внедряются роботы, что позволит полностью автоматизировать цикл сварки деталей без участия рабочего-сварщика.

Все это предъявляет повышенные требования к квалификации специалистов в области сварки, в особенности рабочих-сварщиков, так как именно они непосредственно осваивают новые способы и приемы сварки, новые сварочные машины. Сегодня рабочему-сварщику недостаточно уметь выполнять несколько, пусть даже сложных, операций освоенного им способа сварки. Он должен понимать физическую сущность основных процессов, происходящих при сварке, знать особенности сварки различных конструкционных материалов, а также смысл и технологические возможности других, как традиционных, так и новых, перспективных способов сварки.

Отсюда следует необходимость постоянного совершенствования обучения, повышения профессионального мастерства и культурно-технического уровня рабочих-сварщиков.

В Российской Федерации действует система начальной профессиональной подготовки, включающая в себя сеть профессиональных училищ, готовящих наряду с другими специалистами и рабочих сварочного производства. По числу подготавливаемых сварщиков наша страна занимает одно из первых мест в мире. Для подготовки сварщиков создан ряд учебников и учебных пособий по сварочным дисциплинам. Это составило хорошую методическую базу для учебного процесса в профессиональных училищах.

В данном учебнике автор пытается осветить основные вопросы, возникающие при выполнении соединений различными видами ручной дуговой и газовой сварки.

В учебнике приведены данные по технологии газовой сварки, ручной дуговой сварки покрытыми электродами, ручной дуговой сварки в защитных газах и плазменной сварки. Рассмотрены особенности сварки сталей различных классов, чугунов и цветных металлов.

Рассмотрены технологические аспекты разделительной резки металлов.

В учебнике приведены характеристики оборудования для дуговой и газовой сварки, сварки под флюсом, а также резки металлов.

Материал учебника базируется на сведениях по химии, физике, технологии металлов и конструкционных материалов. Содержание учебника соответствует перечню учебных элементов общепрофессионального блока Стандарта Российской Федерации «Начальное профессиональное образование. Профессия сварщик (электросварочные и газосварочные работы) ГОСТ 9 ПО 02.010—95.

ОБОРУДОВАНИЕ СВАРОЧНОГО ПОСТА ДЛЯ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ

1.1. Стационарный сварочный пост для ручной дуговой сварки

Рабочее место сварщика — это сварочный пост, который оснащен необходимым инструментом и оборудованием для выполнения работ. Сварочные посты могут быть оборудованы как в производственном помещении, так и на открытой производственной площадке (строительно-монтажные условия работы). В зависимости от условий работы сварочные посты могут быть стационарными или передвижными.

В зависимости от характера выполняемой работы и размеров свариваемых конструкций сварочный пост может располагаться в специальных сварочных кабинах или непосредственно на конструкции.

В кабинах в качестве источников питания размещаются наиболее распространенные однофазные сварочные трансформаторы типа ТДМ для сварки на переменном токе или сварочные выпрямители типа ВД или ВДУ для сварки на постоянном токе. Применяются также и многофазные источники питания на несколько независимых постов. При питании сварочных постов от многофазных источников сварочный ток разводят по кабинам с помощью токоподводящих проводов или шин. В кабине устанавливают рубильник или магнитный пускатель для включения сварочного тока.

Сварочные кабины размерами 2000×2000 или 2000×3000 мм используют при сварке небольших изделий. Стены кабин изготавливают из негорючих материалов и окрашивают огнестойкой краской, поглощающей ультрафиолетовые лучи. Стены имеют высоту 1800—2000 мм, а для лучшей вентиляции подняты над полом на 200—300 мм. Дверной проем в кабине закрывают брезентом, пропитанным огнестойким составом. Пол настилают из огнеупорного материала — кирпича или бетона. Кабины должны освещаться естественным или искусственным светом (80—100 лк), вентилироваться (воздухообмен 40 м³/ч) и иметь местные отсосы, поглощающие газы и пары из зоны сварки.

Внутри кабины устанавливают металлический сварочный стол высотой 500—600 мм для работы сидя или около 900 мм для работы стоя (площадью около 1 м²) со стальными болтами для крепления токоподводящего провода от источника сварочного тока и для провода заземления стола. С боковой стороны стола имеются гнезда для хранения электродов или присадочной проволоки (рис. 1.1).

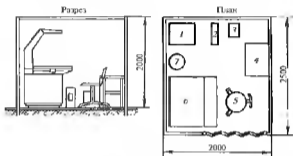


Рис. 1.1. Сварочная кабина:

- 1 — источник питания, 2 — ящик для электродов, 3 — ящик для инструментов,
4 — стеллажи для деталей и готовых сварных узлов, 5 — стул сварщика,
6 — стол сварщика, 7 — электропечь для прокатки электродов

Для выполнения сварочных работ сварщику требуется определенный набор инструментов и принадлежностей. Сварщики обеспечиваются средствами личной защиты, спецодеждой.

Электроподдержатель — приспособление для закрепления электрода и подвода к нему тока. Среди всего многообразия применяемых электроподдержателей наиболее безопасными являются пружинные, изготавливаемые по требованиям и классификации ГОСТ 14651—78Е: I типа — для тока до 125 А; II типа — для тока 125—315 А; III типа — для тока 315—500 А. Эти электроподдержатели выдерживают без ремонта 8—10 тыс. зажимов. Время замены электрода не превышает 3—4 с. По конструкции различаются винтовые, пластинчатые, вилочные и пружинные электроподдержатели (рис. 1.2). Электроподдержатель (ГОСТ 14651—78Е) должен быть легким (массой не более 0,5 кг), с надежной изоляцией, не нагревающимся при работе и обеспечивающим быстрое и надежное закрепление электрода (рис. 1.3). В зависимости от способа крепления электродов различают пассатижные (ЭП и ЭД), винтовые, эксцентриковые (ЭУ и ЭДС) и другие виды электроподдержателей (табл. 1.1).

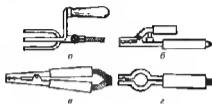


Рис. 1.2. Типы электрододержателей
a — вилочный; *b* — шпильковый; *c* — завода «Электрик»; *d* — с пружиной и рычагом

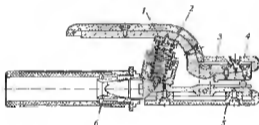


Рис. 1.3. Электрододержатель серии ЭП
 1 — защитный колпачок пружины; 2 — пружина; 3 — рычаг с верхней губкой; 4 — теплоизоляционная защита; 5 — нижняя губка; 6 — конус резьбы гайки

Таблица 1.1

Технические характеристики различных марок электрододержателей для ручной электродуговой сварки плавящимся электродом

Параметр	ЭП-2	ЭП-3	ЭД-125-1	ЭД-300-1	ЭД-500-1	ЭУ-300	ЭУ-500
Допустимая сила сварочного тока, А	250	500	125	300	500	315	500
Диаметр металлического стержня электрода, мм	Менее 5	6—8	1,6—3	2—6	4—10	3—6	5—8
Площадь сечения сварочного кабеля, подсоединенного к держателю, мм ²	50	70	25	50	70	50	70

Описание

Параметр	ЭП-2	ЭП-3	ЭД-125-1	ЭД-300-1	ЭД-500-1	ЭУ-300	ЭУ-500
Размеры, мм:							
длина	250	325	250	266	293	198	198
ширина	40	37	32	36	40	42	42
высота	80	95	74	84	92	80	80
масса, кг	0,43	0,8	0,32	0,48	0,67	0,4	0,42

Щитки и шлемы изготавливают в соответствии с ГОСТ 12.4.035—78 из токонепроводящих материалов — фибры или пластмассы (табл. 1.2). Масса щитка не превышает 0,48 кг, шлема — 0,6 кг. Они имеют гладкую матовую внутреннюю поверхность черного цвета. Щиток состоит из корпуса со смотровым окном и ручки, имеющей круглое поперечное сечение и длину не менее 120 мм. Шлем представляет собой защитное приспособление, надеваемое сварщиком на голову и обеспечивающее два фиксированных положения корпуса: опущенное (рабочее) и откинутое назад.

Для защиты глаз от вредного излучения щитки и шлемы снабжены **светофильтрами** типа С темно-зеленого цвета, которые выпускают вместо светофильтров типа Э. Они подразделяются на 13 классов для сварочного тока силой 13—900 А.

Таблица 1.2

Защитные щитки и шлемы электросварщика

Модификация	Наименование	Модель	Размеры светофильтра, мм
1	Наголовный щиток с непрозрачным корпусом	НН-Э-30У1	52×102
2	Наголовный щиток с непрозрачным корпусом	ННО-Э-302У1	90×102
3	Ручной щиток с непрозрачным корпусом	РН-Э-301У1	52×102
4	Наголовный щиток	ЩЭК-Э-301У1	52×102
5	Наголовный щиток, монтируемый на защитной каске, с открывающимся светофильтром и подвижной рамкой	НН-Э-302У1	52×102
6	Ручной щиток с непрозрачным корпусом	РНО-Э-302У1	90×102

Класс (номер) светофильтра выбирается в зависимости от величины сварочного тока:

Класс (номер)	C-3	C-4	C-5	C-6	C-7	C-8
Сила сварочного тока, А	15—30	30—60	50—150	150—275	275—350	350—600

Защитные светофильтры (затемненные стекла), предназначенные для защиты глаз от излучения дуги, брызг металла и шлака, изготавливаются 13 классов или номеров по ГОСТ 12.4.080—79. Номер светофильтра подбирается в зависимости от индивидуальных особенностей зрения сварщика. Однако следует учитывать некоторые объективные факторы: величину сварочного тока, состав свариваемого металла, вид дуговой сварки, защиту сварочной ванны от воздействия газов воздуха. Размер светофильтра 52×102 мм. При сварке покрытыми электродами следует ориентироваться на применение светофильтров различных номеров в зависимости от силы сварочного тока: 100 А — № С-5; 200 А — № С-6; 300 А — № С-7; 400 А — № С-8; 500 А — № С-9 и т.д. При сварке плавящимся электродом тяжелых металлов в инертном газе следует пользоваться светофильтром на номер меньше, а легких металлов — на номер больше по сравнению со светофильтром при сварке покрытыми электродами.

При сварке в углекислом газе применяют следующие светофильтры: до 100 А — № С-1; 100—150 А — № С-2; 150—250 А — № С-3; 250—300 А — № С-4; 300—400 А — № С-5 и т.д. Светофильтры вставляются в рамку щитка, а снаружи светофильтр защищают обычным стеклом от брызг металла и шлака. Прозрачное стекло периодически заменяют. Для защиты глаз сварщика применяются светофильтры на жидких кристаллах типа «Хамелеон».

От сварочных аппаратов к рабочим местам сварочный ток поступает по гибкому проводу марки ПРГ, АПР или ПРГД с резиновой изоляцией, длина которого не превышает 40 м. К электрододержателю подключают гибкий медный провод марки ПРГД длиной не менее 3 м. В таблице 1.3 приведены данные по выбору сечения гибких сварочных проводов. Температура их нагрева не должна превышать 70 °С.

Токопроводящий провод соединяется с изделием через специальные зажимы. В сварочном поворотном приспособлении должны быть предусмотрены специальные клеммы. Закрепление провода должно быть надежным. Самодельные удлинители токопроводящего провода в виде кусков или обрезков металла не допускаются. Некоторые виды зажимов приведены на рис. 1.4. Проводящий провод впаивают высокотемпературным припоем или закрепляют механически.

Таблица 1.3

Площадь сечения проводов в зависимости от силы сварочного тока

Допустимая сила тока, А	Площадь сечения проводов, мм ²	
	Одножильного	Двужильного
100	16	—
200	25	2×10
300	50	2×16
400	70	2×25
600	95	2×35
800	—	2×50
1 000	—	2×70

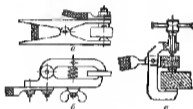


Рис. 1.4. Теплопроводящие зажимы: а — быстрозастывающий с пружинным зажимом, б — с винтовым зажимом, в — с винтовой струбциной

Одежда сварщика изготавливается из различных тканей, которые должны удовлетворять двум основным требованиям:

- наружная поверхность одежды должна быть огнестойкой и термостойкой;
- внутренняя (изнаночная) поверхность одежды должна быть влагопоглощающей.

Исходя из этих требований одежду для сварщиков — куртку и брюки — шьют из брезента, сукна, замши; иногда комбинируют ткани. Ассортимент тканей и самой спецодежды постоянно расширяется. Зарубежные и отечественные фирмы выпускают универсальную спецодежду, применяемую сварщиками, автогонщиками, работниками авиарейно-спасательной службы. Наиболее совершенные костюмы для сварщиков изготавливает отечественная фирма «Алгохимэк». Куртка и брюки изготовлены из двухлицевой ткани, у которой внешняя сторона — из нити типа кевлар, а внутренняя — из хлопчатобумажной пряжи. Ткань обладает повышенной прочностью, малым удлинением,

что обеспечивает сохранение формы костюма (куртка, полукombineзон или комбинезон). Температура, при которой рабочий чувствует себя комфортно длительное время, составляет 200—250 °С.

Все сварщики должны пользоваться *защитными рукавицами*. Рукавицы могут быть брезентовыми или спилковыми. При выполнении сварочных работ внутри котлов, емкостей, резервуаров и в других подобных условиях сварщики должны обеспечиваться резиновыми ковриками, ботами, галошами, особыми наколенниками и подлокотниками, деревянными подложками и др.

При выполнении сварочных работ сварщик пользуется традиционным инструментом: металлической щеткой (каршетка) для зачистки кромок перед сваркой и удаления остатков шлака после сварки; молотком-шлакоотделителем для удаления шлаковой корки; зубилом; шаблонами для проверки размеров швов; личным клеймом; рулеткой металлической; угольником; чертилкой и т.д.

1.2. Общие сведения об источниках питания

Традиционным источником переменного тока является *сварочный трансформатор*. Источником постоянного тока является *выпрямитель*, который сконструирован на базе трансформатора и полупроводникового выпрямителя. Широкое распространение получили также *инверторные источники тока*, которые применяются для сварки как на переменном, так и на постоянном токе.

Промежуточное положение между традиционными выпрямителями и инверторами занимают источники, в состав которых входит простейший сварочный выпрямитель; регулировка тока осуществляется полупроводниковым ключевым регулятором, работающим на повышенной частоте.

Область применения источников переменного тока:

- ручная дуговая сварка штучными электродами;
- автоматическая сварка под слоем флюса;
- ручная и автоматическая сварка вольфрамовым электродом легких сплавов в инертных газах.

Область применения источников постоянного тока:

- ручная дуговая сварка штучными электродами;
- автоматическая сварка под слоем флюса;
- полуавтоматическая и автоматическая;
- сварка плавящимся электродом в среде активных и инертных газов;

- ручная и автоматическая сварка вольфрамовым электродом легированных сталей, меди и титана в инертных газах.

Для зажигания дуги в отличие от обычных потребителей требуется более высокое напряжение, чем для поддержания ее горения. Дуга горит с перерывами, во время которых происходит либо разрыв электрической цепи, либо короткое замыкание. При коротком замыкании в момент зажигания и переходе капли расплавленного электродного металла на деталь напряжение падает до нулевого значения. Как в том, так и в другом случае для последующего восстановления дуги необходимо напряжение порядка 25–30 В, которое должно обеспечиваться за время не более 0,05 с. Во время горения дуги с изменением ее длины меняются напряжение и сила тока.

Важным условием получения сварного шва высокого качества является устойчивость процесса сварки. Для этого источники питания сварочной дуги должны обеспечивать возбуждение и стабильное горение дуги.

На основании этих особенностей определены требования к источникам питания, которые должны обеспечить три режима: рабочий, холостого хода и короткого замыкания.

Напряжение холостого хода должно в 2–3 раза превышать напряжение горения дуги и быть достаточным для легкого возбуждения дуги, в то же время не превышать нормы безопасности. Максимальное напряжение холостого хода для источников переменного тока установлено 80 В; для источников постоянного тока — 90 В.

Мощность источника питания должна быть достаточной для выполнения сварочных работ. Кроме этого необходимо, чтобы источник питания был оснащен устройством для плавного регулирования силы тока.

Сила тока $I_{кз}$ при коротком замыкании не должна превышать сварочный ток более чем на 40–50%, при этом источник питания должен выдерживать без перегрева и повреждения продолжительные короткие замыкания сварочной цепи. При очень больших кратностях тока короткого замыкания происходит перегрев электрода и источника питания.

Время восстановления рабочего напряжения от 0 до 30 В после короткого замыкания (при капельном переносе металла от электрода к свариваемому изделию) должно быть менее 0,05 с, что необходимо для устойчивого горения дуги.

При изменении напряжения на дуге сила сварочного тока не должна существенно изменяться, так как значительные отклонения от параметров режима приведут к снижению качества сварного соединения, особенно глубины проплавления.

Источники питания сварочной дуги должны иметь небольшие массу и размеры, быть недорогими и удобными в эксплуатации.

Основными техническими показателями источников питания сварочной дуги являются внешняя характеристика, напряжение холостого хода, относительная продолжительность работы и относительная продолжительность включения при прерывистом режиме работы.

1.3. Внешняя характеристика источника питания

Внешней характеристикой источника питания называется зависимость напряжения на зажимах источника от силы тока нагрузки при постоянном значении напряжения питающей сети в установившемся режиме. В зависимости от конструкции источников питания внешние характеристики могут быть (рис. 1.5) крутопадающими 1, пологопадающими 2, жесткими 3 и возрастающими 4.

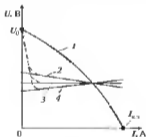


Рис. 1.5. Внешние характеристики источников питания
1 — крутопадающая; 2 — пологопадающая; 3 — жесткая; 4 — возрастающая

По виду статических внешних характеристик источники тока можно подразделить на источники с падающими (ПВХ) «крутыми» и «пологими», или жесткими (ЖВХ) внешними характеристиками. Источники с внешними характеристиками двух видов называются универсальными.

Некоторые характеристики качества сварного шва прямо или косвенно зависят от свойств источника сварочного тока:

- количественные характеристики — глубина проплавления, ширина шва, выпуклость;

- качественные характеристики — подрезы, включения, чешуйчатость.

При низкой надежности зажигания дуги и неустойчивом процессе дуга горит с частыми и длительными перерывами, в результате образуется неровный шов с непроварами, перетяжками и включениями окислов и шлака. При устойчивом, но нестабильном процессе дефекты формы не столь значительны, но все же заметны. Они обнаруживаются при отклонении тока и напряжения длительностью более 1 с.

Чтобы дуга была устойчивой, ее статическая характеристика должна соответствовать внешней статической характеристике источника тока. Для этого необходимо, чтобы вольт-амперные характеристики дуги и соответствующие характеристики источника питания пересекались в одной точке (рис. 1.6), т.е. когда $U_d = U_{ист}$. Из приведенного графика видно, что при изменении длины дуги у источника сварочного тока с крутопадающей характеристикой происходит незначительное изменение сварочного тока, а у источника с пологопадающей характеристикой даже незначительное изменение длины дуги вызывает значительное изменение сварочного тока.

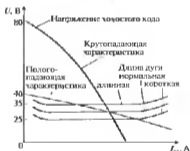


Рис. 1.6. Внешние характеристики источников питания и статическая вольт-амперная характеристика дуги

Требования к виду внешних характеристик определяются такими показателями сварочного процесса, как тип электрода (плавящийся, неплавящийся); характер среды, в которой происходит сварка (открытая дуга, дуга под флюсом, в защитных газах); степень механизации (ручная, механизированная, автоматическая сварка); способ регулирования режима горения дуги (саморегулирование, автоматическое регулирование напряжения дуги).

Источники питания для сварки выбирают по их внешней характеристике. Источник питания для ручной сварки должен быть с крутопадающей внешней характеристикой, так как в этом случае достигается устойчивое горение дуги при различной ее длине, что очень важно при ручном перемещении электрода. При полуавтоматической сварке плавящимся электродом в защитном газе источник питания должен иметь жесткую или пологопадающую внешнюю характеристику. Источник питания с возрастающей характеристикой применяют в основном для автоматической сварки и наплавки под флюсом.

Для ручной дуговой сварки покрытыми штучными электродами, аргонодуговой сварки вольфрамовым электродом, сварки под слоем флюса на автоматах с регулированием скорости подачи электродной проволоки в зависимости от напряжения дуги используются источники с ПВХ.

При дуговой сварке в зависимости от вида сварочных работ, качества и размеров электродов выбирают различную силу тока дуги, поэтому в источниках питания предусмотрены регулировки, позволяющие получать различные режимы работы.

Энергетические параметры режима сварки — сила тока $I_{св}$ и напряжение дуги U_d обычно настраиваются перед началом сварки с помощью регуляторов, имеющихся в составе источника. Для увеличения силы тока нужно увеличить напряжение холостого хода или снизить сопротивление источника (рис. 1.7).

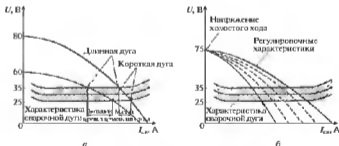


Рис. 1.7. Регулировка сварочного тока изменением напряжения (а) и изменением внутреннего сопротивления (б)

При ПВХ источник питания работает в режиме регулятора сварочного тока. Сварочный ток может регулироваться в заданном диапазоне плавно или ступенчато. По технологическим условиям часто исполь-

зуют плавно-ступенчатое регулирование, когда две или более ступени регулирования сочетаются с плавным регулированием внутри каждой ступени. Регулирование сварочного тока при ПВХ выполняется при приблизительно постоянстве напряжения холостого хода. Каждому виду сварки соответствует определенная крутизна наклона ПВХ.

Большинство серийных источников обеспечивают плавное регулирование, но иногда регулятор позволяет изменять напряжение холостого хода или сопротивление источника только дискретно. Например, число витков при витковом регулировании может быть только целым. В данном случае регулирование получается ступенчатым, при этом разрыв между смежными значениями токов не должен превышать $7,5\Omega$ большего из них. Для увеличения кратности регулирования плавное регулирование иногда дополняют ступенчатым на 2—3 ступени, при этом диапазоны регулирования ступеней должны перекрываться (рис. 1.8).

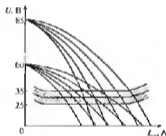


Рис. 1.8. Двухступенчатое плавное регулирование сварочного тока

Для соединения деталей малой толщины при сварке покрытыми электродами и сварке в защитном газе неплавящимся электродом применяется импульсно-дуговая сварка. За время импульса на изделии образуется круглая ванночка небольших размеров, металл которой в течение паузы t_n успевает частично закристаллизоваться. Параметры импульса, ток I_n и время t_n подбираются так, чтобы обеспечить полное проплавление без прожога изделия, а параметры паузы t_n — чтобы гарантировать получение непрерывного шва (рис. 1.9, а).

Для импульсно-дуговой сварки применяются источники питания, у которых сварочный ток не зависит от длины дуги (рис. 1.9, б). Они имеют ступенчатое регулирование сварочного тока, которое достигается изменением внутреннего сопротивления источника.

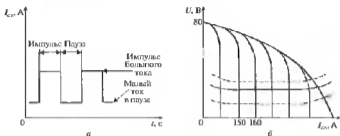


Рис. 1.9. Импульсно-дуговая сварка:
 а — изменение сварочного тока во времени; б — зависимость
 напряжения на дуге от величины сварочного тока

При полуавтоматической сварке в защитном газе аппаратами с постоянной скоростью подачи проволоки, работающими по принципу саморегулирования, источник должен иметь ппологопадающую характеристику. Саморегулирование — это способность энергетической системы без специального регулятора восстанавливать дуговой промежуток вследствие изменения скорости плавления электрода, поддерживать устойчивое горение дуги. В этом случае источник питания работает как регулятор рабочего напряжения, которое регулируется в заданных пределах при условии заданной величины силы сварочного тока. Регулирование напряжения при ЖВХ может быть плавным, ступенчатым и смешанным. Величина сварочного тока определяется скоростью подачи электродной проволоки, а источник питания задает напряжение дуге и обеспечивает саморегулирование длины дуги.

Саморегулирование заключается в том, что при увеличении длины дуги увеличивается напряжение U_d . Из рисунка 1.10 видно, что даже



Рис. 1.10. Саморегулирование длины дуги при постоянной скорости подачи проволоки

незначительное увеличение напряжения дуги вызывает значительное уменьшение сварочного тока и, как следствие, уменьшение скорости плавления электрода. Длина дуги при этом сокращается. Уменьшение длины дуги вызывает уменьшение напряжения дуги и соответственно увеличение сварочного тока и скорости плавления электрода.

Регулирование сварочного тока в саморегулирующихся системах производится изменением напряжения источника питания, а производительности сварки — изменением скорости подачи проволоки.

1.4. Режим работы источников питания

Под *режимом работы* понимается соотношение между временем $t_{\text{св}}$ сварки и временем $t_{\text{хх}}$ холостого хода или временем t_n паузы. Во время холостого хода или паузы выполняют смену электродов, сборку заготовок, очистку шва от шлака и при этом происходит охлаждение источника питания. Продолжительность работы источников питания не должна быть длительной во избежание недопустимого перегрева обмоток силовой части.

Продолжительность работы (ПР) в процентах определяют по формуле

$$\text{ПР} = (t_{\text{св}} / t_{\text{св}} + t_{\text{хх}}) \cdot 100. \quad (1.1)$$

Повторно-кратковременный режим характеризуется продолжительностью включения:

$$\text{ПВ} = (t_{\text{св}} / t_{\text{св}} + t_n) \cdot 100. \quad (1.2)$$

Продолжительность работы учитывается при ручной дуговой сварке и при автоматической и механизированной дуговой сварке. В остальных случаях учитывается продолжительность включения, численно равная продолжительности работы. При ручной дуговой сварке

$$t_{\text{св}} + t_n = 5 \text{ мин},$$

где $t_{\text{св}} = 3$ мин; $t_n = 2$ мин.

Источники питания для ручной дуговой сварки работают в продолжительном режиме при номинальной нагрузке (ПН). Этот режим определяется отношением времени сварки $t_{\text{св}}$ к сумме времени сварки и времени холостого хода $t_{\text{хх}}$ и выражается в процентах:

$$\text{ПН} = t_{\text{св}} / (t_{\text{св}} + t_{\text{хх}}) \cdot 100. \quad (1.3)$$

Каждый источник питания рассчитан на определенную продолжительность работы при номинальной нагрузке, при которой он работает не перегреваясь. В паспорте источника питания указывают номинальные значения силы тока I_n и номинальную продолжительность работы НПЕ.

Продолжительный режим при номинальной нагрузке источников питания для ручной дуговой сварки обычно составляет 60%. Повторно-кратковременный режим используют при работе со сварочными полуавтоматами. При работе многопостовых источников питания ПВ = 100%.

1.5. Классификация и обозначение источников питания

Источники сварочного тока классифицируются:

- по роду тока — источники постоянного и переменного тока общепромышленного назначения;
- количеству одновременно подключенных сварочных постов — однопостовые и многопостовые;
- назначению — источники для ручной дуговой сварки покрытыми электродами, для автоматической и механизированной сварки под флюсом, для сварки в защитном газе, для электрошлаковой сварки, для плазменной сварки и резки;
- принципу действия и конструктивному исполнению.

Обозначение источника питания состоит из двух частей, разделенных дефисом:

- первая буква обозначает тип источника: трансформатор (Т); генератор (Г); преобразователь (П); агрегат (А); выпрямитель (В); специализированный источник — установка (У); инвертор — звено повышенной частоты (Ч);
- вторая буква — вид сварки: дуговая (Д); плазменная (П); электрошлаковая (Ш);
- третья буква — способ сварки: в защитных газах (Г); под флюсом (Ф); универсальный (У); покрытыми электродами (без обозначения);
- четвертая буква — дополнительное пояснение назначения источника: для многопостовой сварки (М); для импульсной сварки (И);
- одна или две первые цифры после дефиса означают номинальную величину сварочного тока (округленную величину в десятках или сотнях ампер);

- две последующие цифры — номер разработки;
- следующие буквы — климатическое исполнение: для стран с холодным климатом (ХЛ); умеренным климатом (У); тропическим климатом (Т);
- последняя цифра — категория размещения: для работы на открытом воздухе (1); под навесом (2); в неотапливаемом помещении (3); в отапливаемом помещении (4).

Трансформаторы для ручной дуговой сварки обычно работают при естественном охлаждении, остальные источники нуждаются в принудительной воздушной вентиляции.

1.6. Сварочные трансформаторы. Достоинства и недостатки

Сварочный трансформатор преобразует сетевое напряжение 220 или 380 В в пониженное (менее 100 В), необходимое для сварки. Все сварочные трансформаторы являются трансформаторами напряжения.

Одной из особенностей сварочной дуги переменного тока является периодическое изменение тока и напряжения источника питания. Дуга периодически не горит при переходе кривой тока через нулевые значения. Внешне это проявляется резким звуком горящей дуги и повышенным разбрызгиванием жидкого металла. Низкая устойчивость горения дуги переменного тока, не позволяющая использовать всю гамму электродов, является недостатком сварочных трансформаторов.

Сварочные трансформаторы типа ТД и СТШ обеспечивают легкое зажигание и устойчивое горение дуги при использовании электродов с высокими стабилизирующими свойствами, специально предназначенными для сварки на переменном токе.

Главным достоинством трансформаторов является низкая стоимость их изготовления, они в 2—4 раза дешевле выпрямителей и в 6—10 раз дешевле сварочных агрегатов одинаковой мощности. Трансформаторы дешевле в эксплуатации и имеют сравнительно высокий коэффициент полезного действия (примерно 0,7—0,9), низкий удельный расход электроэнергии (примерно 2—4 кВтч на 1 кг расплавленного электродного металла). Кроме этого трансформаторы проще в эксплуатации и легко поддаются ремонту.

В зависимости от электромагнитной схемы и способа регулирования трансформаторы подразделяются на трансформаторы с нормальным рассеянием и трансформаторы с увеличенным рассеянием.

Трансформатор с нормальным рассеянием. В основе работы трансформатора лежит явление электромагнитной индукции, заключающееся в том, что при изменении магнитного потока внутри контура, охлажденного проводником, в этом проводнике возникает электродвижущая сила (ЭДС), а при замыкании проводника в нем появляется ток.

Сварочный трансформатор с нормальным рассеянием (рис. 1.11) обычно имеет стержневой магнитопровод 3, цилиндрические первичную 1 и вторичную 2 обмотки, каждая из которых состоит из двух катушек. Катушки первичной и вторичной обмоток в таком трансформаторе располагаются концентрично на замкнутом магнитопроводе стержневого типа, поэтому рассеяние магнитных потоков практически отсутствует. Благодаря этому внешняя характеристика получается плогопадающей, или жесткой.



Рис. 1.11. Конструктивная схема трансформатора с нормальным рассеянием
1 — цилиндрическая первичная обмотка, 2 — цилиндрическая вторичная обмотка, 3 — стержневой магнитопровод

Для осуществления регулировки сварочного тока во вторичную цепь трансформатора вводится дополнительная индуктивность. В зависимости от ее расположения различают трансформаторы с совмещенной и с отдельной реактивной катушкой.

Трансформатор с увеличенным рассеянием. В отличие от силовых трансформаторов обычного (несварочного) назначения, у которых потери магнитных потоков стремятся уменьшить, в сварочных трансформаторах с увеличенным рассеянием, наоборот, увеличивают потери магнитных потоков. Это достигается размещением первичной и вторичной обмоток на значительном расстоянии друг от друга, при этом часть магнитных потоков замыкается в воздухе вне магнитопровода и рассеивается. В результате с увеличением тока нагрузки снижается поток, сцепляющийся со вторичной обмоткой, что и создает крутопадающую внешнюю характеристику. Обычно такой трансформатор имеет цилиндрические (реже дисковые) первичную и вторичную обмотки и стержневой магнитопровод.

В зависимости от электромагнитной схемы и способа регулирования различают: трансформаторы с подвижными обмотками, с подвижным магнитным шунтом, с подмагничиваемым шунтом и с реактивной обмоткой.

Регулирование режима в трансформаторе с увеличенным рассеянием может производиться изменением числа витков первичной и вторичной обмоток, при этом меняется напряжение холостого хода и пропорционально ему вторичный (сварочный) ток.

При регулировании изменением числа витков первичной обмотки приходится завышать сечение магнитопровода, а при регулировании по вторичной стороне — сечение обмоточного провода. Поэтому витковое регулирование используется редко и только в дополнение к другим способам.

Наиболее распространено регулирование сварочного тока изменением магнитных потоков путем раздвижения обмоток по высоте магнитопровода или введением в окно магнитопровода подвижных шунтов из магнитного материала. В более мощных трансформаторах, применяемых для автоматической и электрошлаковой сварки, используют регулировку магнитными шунтами — специальными дросселями, размещенными в окне магнитопровода и управляемыми током низкого напряжения.

Из трансформаторов с подвижными обмотками наибольшее распространение получила конструктивная схема трансформатора (рис. 1.12) со стержневым магнитопроводом 3, цилиндрическими первичной 1 и вторичной 2 обмотками, разбитыми каждая на две катушки. Подвижная обмотка (обычно вторичная) перемещается винтовым приводом 4. Основной поток трансформатора Φ_T замыкается по магнитопроводу, а потоки рассеяния Φ_{1p} и Φ_{2p} — по воздуху в пространстве между первичной и вторичной обмотками.

Регулирование сварочного тока в трансформаторе с подвижными обмотками осуществляется за счет изменения его индуктивного сопротивления: плавно — перемещением обмоток, ступенчато — переключением соединения катушек, параллельно или последовательно.

Принцип действия трансформатора с подвижным магнитным шунтом приведен на рис. 1.13. Трансформатор имеет неподвижные первичную 2 и вторичную 4 обмотки, стержневой магнитопровод 1 и подвижный магнитный шунт 3. Каждая обмотка имеет по две катушки, размещенные на разных стержнях. Потоки рассеяния Φ_{1p} и Φ_{2p} замыкаются через магнитный шунт.

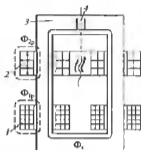


Рис. 1.12. Схема трансформатора с подвижными обмотками: 1 — цилиндрическая первичная обмотка; 2 — цилиндрическая вторичная обмотка; 3 — стержневой магнитопровод; 4 — выгнтовой привод

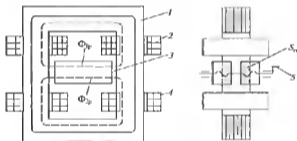


Рис. 1.13. Конструктивная схема трансформатора с неподвижным магнитным шунтом:

1 — стержневой магнитопровод; 2 — неподвижная первичная обмотка; 3 — магнитный шунт; 4 — неподвижная вторичная обмотка; 5 — привод шунта

Регулирование сварочного тока в трансформаторе с магнитным шунтом осуществляется: плавно — перемещением магнитного шунта, ступенчато — переключением соединения катушек.

Для механизированной сварки под флюсом применяются трансформаторы с подмагничиваемым шунтом (рис. 1.14), которые имеют стержневой магнитопровод 7 и неподвижный шунт 3 стержневого типа. Магнитная проводимость шунта регулируется с помощью обмотки управления 4, питаемой постоянным током. Первичная обмотка 2, состоящая из двух параллельно соединенных катушек, закреплена у верхнего ярма. Вторичная обмотка состоит из трех катушек, в каж-

дой из которых по две параллельно соединенные секции. Катушка 1 расположена рядом с первичной обмоткой, а катушки 5 и 6 отделены от первичной обмотки магнитным шунтом.

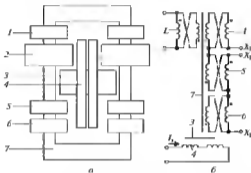


Рис. 1.14. Конструктивная (а) и упрощенная принципиальная (б) схемы трансформатора с подмагничивающим шунтом

1, 5, 6 — катушки вторичной обмотки; 2 — первичная обмотка; 3 — неподвижный шунт; 4 — обмотка управления; 7 — стержнем магнитопровода

Основной способ регулирования сварочного тока в трансформаторе с подмагничивающим шунтом заключается в изменении магнитного сопротивления шунта.

Трансформатор с реактивной обмоткой имеет узкий диапазон регулирования, низкую стоимость и применяется при сварке в монтажных условиях и в быту.

Простейший трансформатор с реактивной обмоткой (рис. 1.15) имеет стержневой магнитопровод 3, первичную 2 и вторичную 4 обмотки, разнесенные на разные стержни. Поэтому потоки рассеяния замыкаются не только по лобовым поверхностям и в окне магнитопровода, но еще и по воздуху между верхним и нижним ярами ($\Phi_{1р}$ и $\Phi_{2р}$). Такую конструкцию называют трансформатором с ярмовым рассеянием.

Для регулирования сварочного тока используют реактивную обмотку 1, сцепляющуюся с потоками ярмового рассеяния. Эта обмотка при встречном включении уменьшает сварочный ток, при согласном — увеличивает.

В качестве примера рассмотрим характеристику сварочного трансформатора ТДМ-169. Малогабаритный сварочный трансформатор

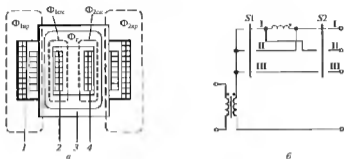


Рис. 1.15. Конструктивная (а) и упрощенная принципиальная (б) схемы трансформатора с реактивной обмоткой:
 1 — реактивная обмотка, 2 — первичная обмотка;
 3 — стержневой магнитопровод;
 4 — вторичная обмотка

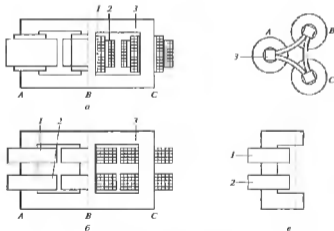


Рис. 1.16. Конструкции трехфазных трансформаторов с нормальным (а) и увеличенным (б, в) расщеплением:
 1 — первичная обмотка, 2 — вторичная обмотка;
 3 — стержни магнитопровода, А, В, С — фазы

ТДМ-169 (рис. 1.16) предназначен для ручной дуговой сварки покрытыми электродами низкоуглеродистых и низколегированных сталей. Регулировка сварочного тока обеспечивается ручным перемещением магнитного шунта горизонтального исполнения. Механизм шунтового регулирования резко уменьшает время, необходимое на смену режима сварки. В таблице 1.4 приведены технические характеристики трансформаторов для ручной дуговой сварки.

Таблица 1.4

Технические характеристики различных моделей трансформаторов

Параметр	ТДМ-169	ГД-300	ГД-500	ГД-102
Напряжение питающей сети, В	220	380	380	380
Частота питающей сети, Гц	50	50	50	50
Номинальный сварочный ток, А	160	315	500	160
Максимальный сварочный ток, А	160	365	560	175
Минимальный сварочный ток, А	50	0	100	55
Номинальное рабочее напряжение, В	26	32	40	26,4
Продолжительность работы (ПР), %	20	60	60	20
Номинальный первичный ток, А	50	80	90	50
Напряжение холостого хода, В	63	76	78	60
Масса, кг	30	140	210	38
Размеры, мм	330×160×300	620×692×710	570×720×835	290×435×535

1.7. Сварочные выпрямители

Сварочными выпрямителями называются устройства, которые с помощью полупроводниковых элементов преобразуют напряжение переменного тока однофазной или трехфазной сети в напряжение постоянного тока с необходимой внешней характеристикой и предназначены для питания сварочной дуги.

Сварка на постоянном токе обеспечивает получение сварного соединения более высокого качества по сравнению со сваркой на переменном токе. Из-за отсутствия нулевых значений тока повышается стабильность горения дуги, увеличивается глубина проплавления, улучшается защита дуги, повышаются прочностные характеристики металла сварного шва, снижается количество дефектов шва, а пониженное разбрызгивание улучшает использование присадочного материала и упрощает операции зачистки сварного соединения от шлака и застывших брызг металла. В связи с этим для сварки качественных швов ответственных соединений в основном применяют сварку на постоянном токе. Кроме того, высоколегированные и теплоустойчивые стали, чугуны, титан, сплавы на основе меди и никеля свариваются только на постоянном токе.

Сварочные выпрямители получили большое распространение. При сопоставлении с трансформаторами главными достоинствами сварочных выпрямителей как источников питания постоянного тока являются высокая надежность зажигания и устойчивость горения дуги. Кроме этого они имеют: высокий КПД и относительно небольшие потери холостого хода; высокие динамические свойства при меньшей электромагнитной индукции; отсутствие вращающихся частей и бесшумность в работе; равномерность нагрузки фаз.

К недостаткам относится возможность выхода из строя диодов при длительном коротком замыкании. Кроме того, сварочные выпрямители чувствительны к колебаниям напряжения в сети.

Сварочный выпрямитель состоит из двух основных блоков: понижающего трансформатора с устройством для регулирования напряжения и сварочного тока и выпрямительного блока. Кроме того, в состав выпрямителя входят пускорегулирующее и защитные устройства, обеспечивающие нормальную эксплуатацию.

Оптимальным в выпрямителях является применение трехфазного тока. Для питания выпрямительного блока обычно применяют силовой трансформатор, по устройству и принципу действия аналогичный сварочным трансформаторам. Однофазные трансформаторы в выпрямителях используются сравнительно редко. Трансформатор выполняет функции понижения напряжения, а иногда еще и функции формирования необходимой внешней характеристики и регулирования режима.

В силовом трансформаторе сварочного выпрямителя (см. рис. 1.16) на каждом из трех стержней магнитопровода 3 обычно размещается по одной первичной 1 и одной вторичной 2 обмотке соответствующей

щей фазы. Трансформатор с нормальным магнитным рассеянием (см. рис. 1.16, *а*) имеет жесткую внешнюю характеристику. При размещении первичной и вторичной обмоток на значительном расстоянии друг от друга получают трансформатор с увеличенным рассеянием и падающей внешней характеристикой (см. рис. 1.16, *б*).

Магнитопроводы, изображенные на рис. 1.16, *а, б*, называют несимметричными, так как магнитное сопротивление на пути потока, создаваемого обмотками фазы *В*, меньше, чем для фаз *А* и *С*. Асимметрия магнитного сопротивления приводит к тому, что ток в фазе *В* больше, чем в фазах *А* и *С*, а в кривой выпрямленного тока появляется гармоническая составляющая. У симметричного магнитопровода (см. рис. 1.16, *в*) более сложное устройство, и он дороже в изготовлении.

Для выпрямления сварочного тока используют свойство полупроводникового вентиля проводить ток только в одном направлении. Преимущественно применяются кремниевые силовые вентили: неуправляемые (диоды) и не полностью управляемые (тиристоры).

Выпрямление тока осуществляется по трехфазной мостовой схеме Ларонока. Выпрямительный мост состоит из шести плеч, при этом пульсация напряжения равна шестикратной частоте питающей сети, т.е. 300 Гц.

Полупроводниковые вентили требуют определенного температурного и токового режима. Поэтому немаловажными элементами любого сварочного выпрямителя являются системы охлаждения выпрямительного блока: радиаторы охлаждения вентиляей, вентилятор, включающийся перед пуском выпрямителя; тепловые предохранители — термостат и ветровое реле, отключающие выпрямитель при перегреве выпрямительного блока или при выходе из строя вентилятора. Кроме этого имеется блок защиты от токовых перегрузок (плавкие предохранители и реле защиты по току).

Регулирование тока сварки в сварочных выпрямителях осуществляется двумя способами — электромеханическим и электрическим. В выпрямителях с электромеханической регулировкой применяются трансформаторы с увеличенным магнитным рассеянием, с раздвижными катушками (рис. 1.17, *а*) и трансформаторы с нормальным магнитным рассеянием, с подвижным магнитным шунтом (рис. 1.17, *б*).

Регулирование сварочного тока осуществляется изменением индуктивного сопротивления трансформатора за счет перемещения его трехфазных обмоток, перемещения магнитного шунта, а также изменением схемы соединения обмоток. При этом изменение тока происходит до выпрямительного блока, т.е. на выпрямляющие вентили в каждой фазе поступает переменный ток заданных сварочных параметров.

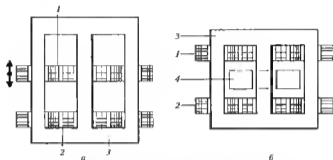


Рис. 1.17. Схемки трансформатор сварочного выпрямителя с подвижными катушками (*а*) и подвижным магнитным шунтом (*б*)
 1 — подвижные обмотки (первичные); 2 — неподвижные обмотки (вторичные); 3 — магнитопровод; 4 — подвижный магнитный шунт

Электрические схемы регулировки сварочных выпрямителей построены на изменении тока сварки после выпрямительного блока или непосредственно выпрямительном блоке. В этих схемах после выпрямительного блока последовательно сварочной дуге (рис. 1.18) включается силовой транзистор (или блок транзисторов, соединенных параллельно).

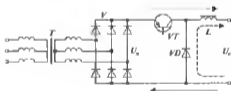


Рис. 1.18. Схема регулирования сварочного тока с помощью транзистора

Обычно транзистор работает в режиме ключа, т.е. при достаточной величине тока базы почти мгновенно из состояния отсечки переводится в состояние насыщения. Ключевой режим привлекателен потому, что в отличие от режима усилителя потери энергии на транзисторе при этом минимальны, это гарантирует высокий КПД и сравнительно малый нагрев транзистора. Используются как биполярные, так и полевые транзисторы. Биполярные транзисторы имеют большую номенклатуру, лучше освоены и дешевле в производстве. Полевые МДП-транзисторы

имеют большой КПД и более высокое быстродействие. Регулирование напряжения выполняется частотно-импульсным или широтно-импульсным способом.

Выпрямители с транзисторными регуляторами сварочного тока основаны на принципе управления сильным током за счет изменения более слабого тока. Это позволяет в широких пределах изменять ток дуги. Применение транзисторных схем регулировки тока дает крутопадающую вольт-амперную характеристику с широким спектром регулировок по току в высокостабильной дуге, что позволяет применять такие выпрямители для сварки неплавящимся электродом в защитном газе высоколегированных сталей и сплавов на основе меди или алюминия.

Более просты и распространены тиристорные выпрямители. Тиристорный выпрямительный блок за счет фазового управления моментом включения тиристорov обеспечивает регулирование режима, а при введении обратных связей по току и напряжению — также формирование любых внешних характеристик. Иногда тиристорный регулятор устанавливают в цепи первичной обмотки трансформатора, тогда выпрямительный блок может быть собран из неуправляемых пентилей — диодов.

Фазовое регулирование заключается в изменении угла управления тиристорov, что приводит к изменению напряжения трансформатора, подаваемого тиристорным выпрямительным блоком на нагрузку. Фазовое регулирование обладает всеми достоинствами электрического регулирования: компактность и высокая надежность бесконтактных органов управления, плавность и высокая кратность регулирования напряжения, простота дистанционного и программного управления.

Главный недостаток фазового регулирования заключается в значительной пульсации выпрямленного напряжения, а при угле задержки более 60° в кривой выпрямленного напряжения появляются разрывы. Для снижения пульсаций напряжения и тока устанавливают сглаживающий дроссель. В те моменты, когда мгновенное значение выпрямленного напряжения уменьшается, сварочный ток поддерживается энергией, запасенной дросселем в предыдущий промежуток времени. В результате кривая тока сглаживается.

Искусственные внешние характеристики в тиристорном выпрямителе получаются благодаря обратным связям по напряжению или току. Стабилизация напряжения при жестких внешних характеристиках достигается введением отрицательной обратной связи по сварочному напряжению. Крутопадающую характеристику обеспечивает введение отрицательной обратной связи по току.

В качестве примера рассмотрим характеристику сварочного выпрямителя «Дуга 318», который предназначен для ручной дуговой сварки различных металлов и сплавов простого и сложного профиля постоянным током любой полярности, всеми видами электродов. Кроме этого «Дуга 318» позволяет производить дуговую сварку в защитном газе.

Технические характеристики сварочного выпрямителя «Дуга 318»

Напряжение сети	220 В
Частота тока	50 Гц
КПД в диапазоне сварочного тока	Не менее 92%
Коэффициент мощности	0,98
Продолжительность непрерывной сварки при токе не более 220 А	Не ограничена
Непрерывная работа на балластном сопротивлении при токе 200 А	2 ч
Размеры	280×360×415 мм
Потребляемая мощность	от 3 до 10 кВт
Максимальный сварочный ток	300А
Диапазон регулировки тока	50—300 А
Число ступеней регулировки.	13
Масса	Не более 45 кг

1.8. Резонансные источники питания

Высокие технологические свойства резонансных сварочных источников определяются в основном избирательными свойствами вторичного контура, нагруженного на дуговой промежуток. Устойчивость горения дуги при использовании трансформатора с индуктивностью и емкостью (рис. 1.19) высокая, поскольку повторное зажигание происходит при совместном питании дуги от трансформатора и емкости. Практически это означает, что при ручной дуговой сварке в случае использования достаточной емкости напряжение холостого хода можно снизить примерно до $U_{\text{х.х}} = 35 - 40$ В без опасности снижения устойчивости горения дуги. Снижение напряжения холостого хода приводит к увеличению коэффициента трансформации и пропорциональному снижению первичного тока. На этой основе разработаны сварочные трансформаторы на ток до 100 А с потреблением

из сети тока не более 15 А, что позволяет запитывать их от осветительной сети с напряжением 220 В.

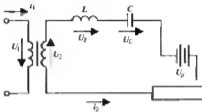


Рис. 1.19. Принципиальная схема трансформатора с индуктивностью и емкостью в цепи дуги

Применение резонансного контура во вторичной цепи обеспечивает практически синусоидальную форму кривой сварочного тока.

Сварочное оборудование данного класса обладает следующими преимуществами:

- высокий уровень электробезопасности, связанный с применением специальных схемных решений, ограничивающих напряжение холостого хода до значения не более 38 В (в изделиях, выполненных по специальным требованиям, — не более 12 В);
- высокий коэффициент полезного действия (до 80%);
- получение коэффициента мощности $\cos \varphi \gg 0,95$ достаточно простой настройкой резонансного контура;
- минимальный уровень помех, генерируемый в сеть и окружающее пространство, по сравнению со всеми известными образцами сварочного оборудования;
- уменьшение при коротком замыкании в сварочном контуре тока потребления из сети в 1,5–2 раза (в известных типах сварочных аппаратов он обычно возрастает в 2–2,5 раза);
- отсутствие пиков зажигания в кривой тока, что позволяет снизить концентрацию диффузионного водорода в шве и тем самым улучшить его прочностные свойства.

В качестве примера рассмотрим характеристику сварочного источника питания «Хобби-110». Данный источник питания является самым малогабаритным сварочным аппаратом. Он также отличается рекордно низкими параметрами энергопотребления, что позволяет успешно применять его при слабых электросетях (гаражи, дачи, частные дома и т.д.).

Технические характеристики сварочного источника питания «Хобби-110»

Напряжение	220 В
Частота питающей сети	50 Гц
Максимальный первичный ток	12 А
Первичный ток в режиме короткого замыкания	7,5 А
Максимальный вторичный ток	110 А
Номинальный вторичный ток	100 А
Способ регулирования сварочного тока	Ручной (3 ступени)
Напряжение холостого хода	36 В
Пределы изменения сварочного тока по ступеням	50—70/60—80/70—110 А
Максимальная масса	10 кг

1.9. Сварочные инверторы

Сварочный аппарат — это блок питания с определенным выходным напряжением и током. Раньше все блоки питания для сварочных аппаратов изготавливались с применением сетевого трансформатора, большого или маленького — зависело от нагрузки. Появление мощных высокочастотных полупроводниковых приборов позволило перейти на бестрансформаторный принцип преобразования напряжения в блоках питания, особенно это стало широко применяться в бытовой радиоаппаратуре. Нет железа, нет меди, только печатная плата с радиоэлементами, легкая и компактная. Со временем эти технологии стали использоваться и в сварочной технике. Сварочный аппарат из громоздкого устройства превратился в небольшую коробочку, напичканную электроникой. В результате появились уникальные по своим характеристикам сварочные аппараты с промежуточным высокочастотным преобразованием напряжения — транзисторным инвертором.

Вся работа сварочного аппарата с инвертором построена на принципе фазового сдвига (инверсии) напряжения, осуществляемого электронной микропроцессорной схемой с покаскадным усилением тока (обычно микропроцессором). За счет применения такого принципа удается получить широкий спектр внешних характеристик — от крутопадающих до возрастающих, с очень гладкой кривой тока.

Схема выпрямителя с транзисторным инвертором показана на рис. 1.20. Сетевой выпрямительный блок *V1* преобразует трехфазное переменное напряжение 220—380 В с частотой 50 Гц в постоянное,

которое сглаживается с помощью низкочастотного фильтра $L1, C1$. Затем выпрямленное напряжение преобразуется в однофазное переменное напряжение высокой частоты с помощью инвертора на двух транзисторах $VT1$ и $VT2$. Далее напряжение понижается высокочастотным малогабаритным трансформатором T , выпрямляется блоком вентилялей $V2$, проходит через высокочастотный фильтр $L2, C2$ и сглаженным подается на дугу.

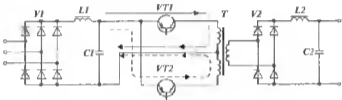


Рис. 1.20. Принципиальная схема выпрямителя с транзисторным инвертором

При увеличении напряжения сетевого выпрямителя можно увеличивать амплитуду высокочастотного напряжения, а значит, регулировать среднее значение выпрямленного напряжения. Кроме этого в инверторном выпрямителе используется амплитудное, широтное и частотное регулирование режима.

Принцип работы этих аппаратов основан на предварительном преобразовании переменного тока промышленной частоты (50 Гц) в мандриный высокочастотный ток (частота 35—55 кГц) с помощью электронной схемы. Это позволяет перейти от трансформации напряжения на частоте 50 Гц к трансформации на частоте в тысячу раз более высокой, что возможно осуществить на промежуточном высокочастотном трансформаторе, масса и размеры которого незначительны. Помимо этого использование высокочастотного преобразования на транзисторных ключах позволяет не только исключить из схемы сетевой трансформатор, но и увеличить КПД аппарата до 85% (КПД традиционного аппарата 75—80%).

В режиме холостого хода потребление электроэнергии инвертором ориентировочно в 10 раз меньше. За счет высокочастотной составляющей происходят обжатие и стабилизация дуги, значительно ослаблен эффект магнитного дутья, улучшается структура наплавленного металла. Отклонения тока в этих схемах снижены до уровня десятых долей процента, что позволяет добиваться высокого качества сварки как обычных, так и нержавеющей сталей. Кроме этого у инверторных

источников питания самые минимальные размеры и масса по сравнению с традиционными аналогичными аппаратами.

За счет небольшой массы инверторы малой мощности перспективны для использования при монтаже особо ответственных металлоконструкций и трубопроводов, к сварным соединениям которых предъявляются повышенные требования, а условия работы не позволяют применять громоздкое промышленное оборудование, предназначенное для работы в цеховых условиях.

Мощные инверторы промышленного типа, построенные по модульному принципу на основе одного источника тока, позволяют создавать сварочные комплексы для любого вида дуговой сварки. Все инверторы имеют плавную регулировку сварочного тока, а цифровая схема микропроцессора и введение ячеек памяти позволяет организовать запоминание нескольких наиболее часто применяемых режимов сварки. В эксплуатации инверторные источники чрезвычайно экономичны. Коэффициент мощности ($\cos \varphi$) у них близок к единице, КПД не ниже 0,7, а иногда достигает 0,9.

Ясно, что сварочные инверторы являются наиболее современными и технически более совершенными источниками сварочного тока.

В качестве примера рассмотрим характеристики транзисторного инверторного преобразователя «КОРАЛ-163-И», у которого высокие сварочно-технологические свойства обеспечиваются при использовании любых типов электродов.

Устройство снабжено сенсорами тепловой защиты, что обеспечивает высокую надежность в эксплуатации. Плавная регулировка сварочного тока позволяет достаточно просто выбирать необходимые режимы сварки.

Устройство «КОРАЛ-163-И» представляет собой универсальное техническое средство как для профессионалов, так и для любителей при выполнении сварочных работ покрытыми электродами диаметром от 1,5 до 4 мм. Кроме того, данное устройство может использоваться как источник тока для дуговой сварки в защитном газе.

Технические характеристики транзисторного преобразователя «КОРАЛ-163-И»

Напряжение	220 В
Частота питающей сети	50 Гц
Максимальный первичный ток	20 А
Пределы регулирования сварочного тока	5—160 А
Напряжение холостого хода	85 В
Коэффициент полезного действия	85%

Коэффициент мощности	0,75
Продолжительность работы для токов 110/130/150 А	100/60/30%
Размеры	290×240×125 мм
Максимальная масса	5,6 кг

1.10. Сварочные преобразователи и агрегаты

В сварочных трансформаторах и сварочных выпрямителях преобразование тока происходит за счет электрических и электромагнитных процессов при отсутствии вращающихся деталей и узлов (за исключением элементов механических систем регулировки тока), поэтому такие источники питания называются статическими.

Однако раньше статических источников питания были разработаны электромашинные источники питания, называемые сварочными генераторами. Сварочный генератор преобразует механическую энергию вращения якоря в электрическую энергию постоянного тока, необходимую для сварки. Отличительной особенностью сварочных генераторов является наличие в них вращающегося якоря, приводимого в движение внешним приводом, например двигателем внутреннего сгорания.

Принцип действия сварочного генератора аналогичен работе любого генератора постоянного тока. Различают коллекторные и вентильные генераторы. Коллекторные генераторы бывают:

- с независимым возбуждением и последовательной размагничивающей обмоткой;
- с самовозбуждением и последовательной размагничивающей обмоткой;
- универсальными с независимым возбуждением;
- с расщепленными полюсами.

Вентильные бывают только с индукторным генератором переменного тока и трехфазной мостовой схемой выпрямления. Генераторы с независимым возбуждением требуют дополнительно отдельного источника питания.

Сварочные установки на основе генераторов с приводом от электродвигателя называются *сварочными преобразователями*, с приводом от двигателя внутреннего сгорания (бензинового или дизельного) — *сварочными агрегатами*. Сварочные агрегаты применяют в основном при ручной сварке в полевых условиях, на монтаже и ремонте, где отсутствует электрическая сеть питания.

За счет взаимодействия магнитных потоков в якоре и статоре генератора происходит формирование сварочного тока. Генераторы имеют широкий спектр внешних характеристик. Наибольшее распространение получили сварочные генераторы, обладающие падающими внешними характеристиками.

Внешняя характеристика генераторов формируется за счет подключения размагничивающих последовательных обмоток возбуждения. При их включении внешняя характеристика будет крутопадающей, при отключении — пологопадающей. Для питания намагничивающих обмоток возбуждения требуется автономный источник постоянного тока, поэтому такой тип генератора обычно применяют в тех случаях, когда в качестве привода используется электродвигатель переменного тока,

В генераторах с самовозбуждением для получения постоянного напряжения на коллекторе устанавливают промежуточную щетку, расположенную между двумя основными. За счет постоянного сдвига фаз между промежуточной и основными щетками напряжение между промежуточной щеткой и опережающей ее основной щеткой будет постоянным; оно используется для питания намагничивающих обмоток возбуждения. Такие генераторы обычно применяются в мобильных сварочных агрегатах с приводом от двигателя внутреннего сгорания.

В сварочных генераторах с независимым возбуждением обмотка возбуждения 2, питающаяся от сети переменного тока через полупроводниковый выпрямитель, создает магнитный поток Φ_k (рис. 1.21, а), индуцирующий на щетках генератора напряжение, необходимое для возбуждения дуги. На холостом ходу, когда сила тока равна нулю, размагничивающая обмотка 4 не действует. С увеличением сварочного тока магнитный поток Φ_p , направленный навстречу намагничивающему потоку Φ , возрастает, а результирующий магнитный поток уменьшается. Как следствие, уменьшается индуцируемая ЭДС генератора. Таким образом, размагничивающее действие обмотки 4 обеспечивает получение падающей внешней характеристики генератора. Регулирование сварочного тока производится переключением числа витков размагничивающей обмотки (малый ток — большой ток) и реостатом.

Генератор с самовозбуждением обычно имеет статор с четырьмя основными полюсами и цилиндрический якорь с коллектором и четырьмя основными и одной дополнительной щеткой. На рисунке 1.21, б показана упрощенная двухполюсная конструкция генератора. Кроме основных щеток *a* и *b*, установленных на геометрической

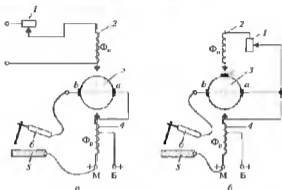


Рис. 1.21. Схема генератора с независимым возбуждением (а) и последовательной размагничивающей обмоткой (б): 1 — реостат; 2 — намагничивающая обмотка; 3 — якорь генератора; 4 — размагничивающая обмотка; 5 — свариваемая заготовка; б — электроподдержатель; Б — большой ток; М — малый ток; а, б, с — щетки генератора

нейтрели, генератор имеет еще и дополнительную щетку с, используемую для питания намагничивающей параллельной обмотки 2.

Генератор сконструирован таким образом, что напряжение на щетках а — с почти не меняется с изменением нагрузки, поэтому и ток намагничивающей обмотки практически не зависит от тока нагрузки. При вращении генератора за счет остаточного намагничивания ротора появляется остаточная ЭДС, вызывающая в параллельной намагничивающей обмотке появление тока, который подмагничивает генератор. Магнитный поток генератора нарастает, и ЭДС увеличивается. Вследствие этого возрастает намагничивающий ток, что вызывает новое увеличение магнитного потока. Этот процесс самовозбуждения идет до тех пор, пока ЭДС не становится равной падению напряжения в параллельной намагничивающей обмотке.

В остальном принцип работы генератора с самовозбуждением ничем не отличается от принципа работы генератора с независимым возбуждением.

Коллекторные сварочные генераторы просты в изготовлении и дешевы в эксплуатации, однако вредные условия действующего производства (высокая влажность, масляные пары, пыль с наличием абразивных частиц) приводят к быстрому выходу из строя пары трения

«щетки-коллектор», поэтому более совершенной является схема вентильного генератора.

Вентильным генератором принято называть комбинацию генератора переменного тока и выпрямительного блока. Переменный ток обычно вырабатывается синхронным генератором с ротором явнополюсной конструкции или индукторным генератором. Наибольшее распространение получили индукторные генераторы.

В индукторных генераторах обмотка статора обычно является трехфазной и размещена на статоре с постоянным сдвигом фаз; кроме этого обмотка возбуждения также закреплена на корпусе статора. Индукторный генератор (рис. 1.22, а) имеет зубчатый ротор-индуктор 4, а обмотка возбуждения 3, питаемая постоянным током, размещена на статоре 2. Обмотка возбуждения создает постоянную намагничивающую силу, но поток возбуждения Φ , пронизывающий силовую обмотку 1, имеет пульсирующий характер, поскольку магнитное сопротивление на его пути меняется при вращении ротора. Поток максимален при совпадении оси силовой обмотки с зубцом ротора и минимален при совпадении со впадиной ротора. Поэтому в силовой обмотке создается переменное напряжение. На рисунке 1.22, а полюса выше горизонтали являются южными, а ниже — северными, поэтому такой генератор называют разноименно-полюсным.

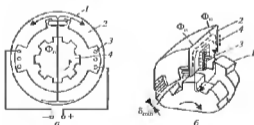


Рис. 1.22. Конструкция разноименно-полюсного (а) и одноименно-полюсного (б) индукторного генератора: 1 — силовая обмотка, 2 — статор, 3 — обмотка возбуждения; 4 — зубчатый ротор-индуктор

На рисунке 1.22, б приведена конструкция одноименно-полюсного генератора, у которого зубчатый статор 2 состоит из двух пакетов листовой электротехнической стали, а зубчатый ротор-индуктор 4 также состоит из двух пакетов, но сдвинутых друг относительно друга на 180

электрических полюсов (на один зубец). На зубцах статора расположены катушки, которые могут соединяться друг с другом как последовательно, так и параллельно.

Между двумя пакетами статора закреплена кольцевая обмотка возбуждения J , питаемая постоянным током. Силовая обмотка I уложена в пазах статора. Поток возбуждения Φ идет по оси ротора, а затем звездообразно разветвляется, проходит через зубчатый пакет ротора, далее по зубцам статора и замыкается по корпусу генератора. На рисунке 1.22, б все полюса ближнего пакета статора являются южными, а дальнего пакета — северными. Такую конструкцию, в отличие от приведенной на рис. 1.22, а, принято называть одноименно-полюсной.

Индукторные генераторы имеют естественную крутопадающую характеристику, обусловленную действием потоков рассеяния и потока реакции якоря, обладающего размагничивающим действием.

На рисунке 1.23 приведена схема вентильного сварочного генератора с самовозбуждением, который состоит из индукторного пульсационного генератора повышенной частоты и выпрямительного устройства, собранного на неуправляемых вентилях $V1 - V6$ по трехфазной мостовой схеме.

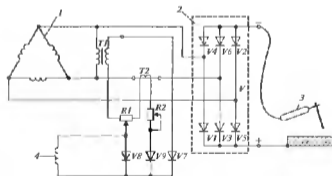


Рис. 1.23. Электрическая схема вентильного генератора с самовозбуждением
1 — обмотка статора; 2 — выпрямительный блок;
3 — электроддержатель; 4 — обмотка возбуждения

При пуске, когда генератор не нагружен, а его вал начал вращаться, на зажимах обмотки статора за счет остаточного намагничивания появляется небольшое напряжение. Трансформатор $T1$ повышает это

напряжение, и после выпрямления оно подается на зажимы обмотки возбуждения. Процесс самовозбуждения происходит до достижения напряжения холостого хода, которое регулируется резистором $R1$. Ток нагрузки с помощью трансформатора $T2$ дополнительно питает обмотку возбуждения. Регулирование сварочного тока осуществляется резистором $R2$.

Регулирование сварочных режимов вентильных генераторов осуществляется на стадии переменного тока: плавно — изменением тока обмотки возбуждения, ступенчато — изменением соединения силовых обмоток (звезда, треугольник, параллельно).

Вентильные генераторы надежнее в работе, чем коллекторные, но более требовательны к температурным перепадам, условиям охлаждения полупроводниковых вентилей и точности выдерживания частоты вращения привода.

В качестве примера рассмотрим характеристики автономного сварочно-технологического комплекса АСТК-8, который предназначен для проведения сварочных, наплавочных и ремонтно-восстановительных работ в условиях отсутствия стационарных электрических сетей, а также в различных чрезвычайных ситуациях. Он может быть рекомендован для ремонтных и сантехнических служб городского хозяйства, ремонтно-восстановительных работ на трубопроводах и т.д. при использовании ручной электродуговой и механизированной полуавтоматической сварки, резки и наплавки.

Технические характеристики автономного сварочно-технологического комплекса АСТК-8

Мощность генератора постоянного тока	47 кВА
Пределы регулирования сварочного тока	50—300 А
Максимальный ток резки, ПР = 100%	250 А
Максимальная толщина стали при дуговой резке:	
покрытым электродом	24 мм
порошковой проволокой	50 мм
Продолжительность работы (ПР):	
при сварке электродами диаметром 3/4/5 мм	100/100/60%
при резке электродами диаметром 4 мм	100%
при сварке порошковой проволокой диаметрами	
2,6/3 мм	100/70%
Напряжение холостого хода сварочного источника	30—42 В
Расход бензина (октановое число не ниже марки А-80)	4,3 л/ч
Общая масса	180 кг

1.11. Вспомогательные устройства для электросварки

Импульсные стабилизаторы дуги. Во время работы сварочных трансформаторов основным недостатком является невысокая стабильность горения дуги, вызванная периодическими переходами сварочного тока через нулевые значения при смене полярности на электроде и изделии. Этот недостаток удается ликвидировать, используя импульсные стабилизаторы дуги, которые применяются для облегчения возбуждения дуги, повышения устойчивости ее горения и улучшения процесса переноса капель расплавленного металла в сварочную ванну.

Устройство стабилизации горения дуги (УСГД) использует идею импульсного повторного поджига дуги, поддерживая устойчивый дуговой разряд путем генерирования и подачи в дуговой промежуток импульсов напряжения в начале каждого полупериода.

Стабилизация сварочной дуги заключается в следующем. При сварке на переменном токе дуга гаснет, когда сварочный ток уменьшается до значений, близкого к 5 А. Обрывы происходят с удвоенной частотой переменного тока. Повторное зажигание дуги требует более высокого напряжения, чем напряжение дуги. При этом в каждый полупериод зажигание происходит при уравнивании напряжения холостого хода сварочного трансформатора с напряжением зажигания.

Для надежного зажигания дуги необходимо, чтобы в начале полуволны сварочного тока УСГД выработало и подало на вторичную обмотку трансформатора импульсы амплитудой 200—500 В. Момент подачи импульса энергии в УСГД происходит после перехода сварочного тока через нуль и достижения на вторичной обмотке сварочного трансформатора напряжения, близкого по значению к напряжению дуги 15—20 В. После прохождения стабилизирующего импульса сварочный трансформатор самостоятельно поддерживает горение дуги.

Принцип работы УСГД заключается в следующем: после прохождения сварочного тока через нуль блок управления формирует управляющий импульс, который поступает на один из тиристоров и заряжает конденсатор цепи. В следующий полупериод открывается другой тиристор, и этот же конденсатор сначала разряжается, а потом перезаряжается через второй тиристор этой же цепи, создавая на дуговом промежутке стабилизирующий импульс. Эти импульсы облегчают повторное зажигание дуги, что и способствует повышению стабильности ее горения. На рисунке 1.24 приведен график сварочного тока с импульсами повторного поджига дуги.

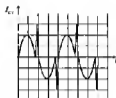


Рис. 1.24. График сварочного тока с импульсами повторного поджига дуги

В настоящее время разработан целый ряд УСГД, позволяющих вести ручную дуговую сварку практически любыми электродами, как для переменного, так и для постоянного тока. Для подключения УСГД пригодны все сварочные трансформаторы с повышенным магнитным рассеянием любой мощности: от бытовых, рассчитанных на питание от сети 220 В, до мощных сварочных трансформаторов на номинальный ток 500 А, рассчитанных на напряжение сети 380 В частотой 50 или 60 Гц.

Кроме этого начато серийное производство трансформаторов для дуговой сварки со встроенными в них УСГД-4М У2. Эти трансформаторы предназначены:

- для ручной дуговой сварки углеродистых сталей электродами АНО-4 МР — для переменного и УОНИ-13/45, УОНИ-13/55, ВИ-10-6 и др. — для постоянного тока;
- ручной дуговой сварки нержавеющей и специальных сталей электродами ОЗЛ-8, ОЗЛ-26, ЦЛ-39 и др.;
- ручной дуговой сварки чугуна покрытыми электродами ЦЧ-4;
- аргонодуговой сварки неплавящимся электродом нержавеющей сталей, алюминия и его сплавов в тех случаях, когда допускается начальное зажигание дуги контактным способом.

Опыты показали, что применение УСГД позволяет:

- увеличить на 10—15% время горения дуги в общем времени работы сварщика за счет уменьшения времени начального зажигания дуги и увеличения времени горения дуги в каждый полупериод синусоиды сварочного тока;
- уменьшить расход электродов и увеличить коэффициент наплавки за счет увеличения стабильности процесса сварки и уменьшения разбрызгивания металла.

Блок снижения напряжения холостого хода. Блок снижения напряжения холостого хода предназначен для повышения электробезопас-

ности сварочных работ и необходим при сварке в условиях повышенной опасности и особо опасных условиях эксплуатации: в замкнутых и стесненных условиях — туннелях, колодцах, резервуарах.

Универсальный блок снижения напряжения холостого хода типа БСН-10 позволяет выполнять сварочные работы на переменном и постоянном токе. Блок должен эксплуатироваться совместно со сварочными трансформаторами, имеющими напряжение холостого хода не более 80 В и номинальный ток до 500 А (ПР = 35% при токе 500 А), или со сварочными выпрямителями с напряжением холостого хода не более 100 В и номинальным током до 500 А.

Технические характеристики блока снижения напряжения холостого хода БСН-10

Напряжение питающей сети	380/220 В
Частота питающей сети	50 Гц
Сниженное напряжение	8,5—12 В
Максимальный сварочный ток при ПВ = 35%	500 А
Время выдержки после прекращения сварки	Не более 0,64 с
Время срабатывания	Не более 0,04 с
Расстояние между источником и блоком	Не более 5 м
Масса	Не более 9 кг
Размеры	Не более 355×160×280 мм

Реостат балластный. Балластные реостаты предназначены для создания падающей характеристики и регулирования сварочного тока на каждом посту при питании от многопостового источника постоянного тока. Реостат собран из резисторов, скомпонованных в блоки, и рубильников, включение которых в определенных сочетаниях позволяет осуществлять ступенчатое регулирование в достаточно широких пределах (20 ступеней).

Балластный реостат включается в сварочную цепь последовательно с дугой. Как видно из рис. 1.25, минимальное значение сварочного тока будет при включении рубильника I, а максимальное — при включении всех пяти рубильников.

Промышленность выпускает балластные реостаты с регулированием сварочного тока от 10 до 200 А через каждые 10 А, от 15 до 300 А через каждые 15 А и от 25 до 500 А через каждые 25 А.

При сварке в защитных газах первоначальное возбуждение дуги производится бесконтактным способом. Напряжения холостого хода источника питания 60—80 В недостаточно для того, чтобы вызвать электрический разряд. Для возбуждения дуги необходим кратковре-

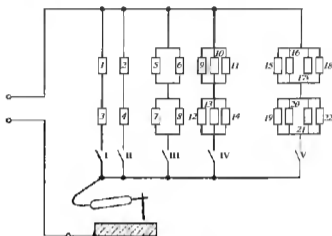


Рис. 1.25. Электрическая схема балластного реостата

менный импульс напряжения, который обеспечил бы пробой и последовательное развитие искрового разряда вплоть до дугового разряда. Для решения этой задачи источники питания для сварки в среде защитного газа снабжают дополнительным устройством — сварочным осциллятором.

Осциллятор представляет собой генератор затухающих по амплитуде переменных высокочастотных (100—300 кГц) импульсов высокого напряжения (около 3 кВ). Применяют две схемы включения осциллятора в цепь дуги — параллельную и последовательную. В схеме параллельного включения (рис. 1.26) трансформатор $T1$ промышленной частоты 50 Гц повышает напряжение сети до 3—6 кВ. Его вторичная обмотка подключена к разряднику F , входящему в колебательный контур $C_k - L_k$, в котором возникают колебания частотой 150—300 кГц. При возрастании напряжения на выходе трансформатора заряжается конденсатор C_k . По достижении определенного напряжения на вторичной обмотке трансформатора происходит пробой искрой воздушного промежутка разрядника.

Электрическая схема осциллятора последовательного включения приведена на рис. 1.27. Трансформатор $T1$ повышает напряжение сети и подает его на разрядник F , входящий в колебательный контур

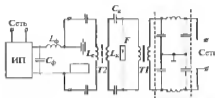


Рис. 1.26. Электрическая схема сварочного осциллятора параллельного включения

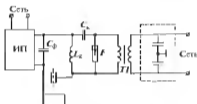


Рис. 1.27. Электрическая схема сварочного осциллятора последовательного включения

$C_k - L_k$. Катушка индуктивности колебательного контура включена последовательно с дугой. Сечение обмотки рассчитывается исходя из сварочного тока, генерируемого источником питания (ИП). Защита источника от воздействия высокочастотного высокого напряжения, возникающего на катушке индуктивности при разряде конденсатора, осуществляется путем шунтирования источника конденсатором C_ϕ . Осцилляторы последовательного включения компактнее и проще осцилляторов параллельного включения. Они обычно работают только в начале процесса сварки. В схемах источников питания предусмотрено автоматическое отключение осциллятора после возбуждения дуги.

Контрольные вопросы

1. Что называют внешней вольт-амперной характеристикой (ВАХ) источника питания дуги?
2. Какая ВАХ должна быть у источника питания, предназначенного для ручной дуговой сварки?
3. Из каких узлов состоит сварочный трансформатор типа ТД?

4. Как регулируется сила сварочного тока в трансформаторах с подвижными обмотками?
5. Какой должна быть внешняя ВАХ источника питания дуги для сварки под флюсом?
6. Как влияет крутизна внешней ВАХ источника питания на стабильность дуги, горящей в защитном газе?
7. Из каких основных узлов состоят многопостовые выпрямители для ручной дуговой сварки?
8. Какие преимущества и недостатки присущи инверторным и вентиляторным источникам питания?
9. Какая внешняя ВАХ должна быть у выпрямителей для дуговой сварки плавящимся электродом в защитном газе?
10. Из чего состоят выпрямители для дуговой сварки плавящимся электродом в защитном газе?
11. В чем состоят преимущества трансформаторов типа СТШ?
12. Зачем при питании нескольких дуг от многопостового выпрямителя применяют дроссели?
13. Как устроен сварочный генератор?
14. В чем состоит особенность конструкции инверторных источников питания дуги?

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ ПОКРЫТЫМИ ЭЛЕКТРОДАМИ

2.1. Схема процесса ручной дуговой сварки покрытыми электродами

Схема ручной дуговой сварки металлическим покрытым электродом показана на рис. 2.1. Возбуждение дуги происходит при кратковременном замыкании электрической сварочной цепи касанием свариваемого металла концом электрода. В процессе сварки по мере плавления электрода его подводят к изделию, одновременно перемещая вдоль соединения и поперек стыка для получения необходимой формы и сечения шва.



Рис. 2.1. Схема процесса ручной дуговой сварки покрытыми электродами

При сварке покрытым электродом происходит плавление стержня и покрытия. Расплавляющееся покрытие образует шлак и газы. Шлаковый слой предохраняет металл от взаимодействия с кислородом и азотом воздуха. Газы оттесняют воздух из зоны плавления (зоны дуги) и обеспечивают дополнительную защиту от контакта с ним.

Покрытыми электродами сваривают и наплавляют черные и цветные металлы и различные сплавы. Рациональная область применения дуговой сварки покрытыми электродами — изготовление конструкций из металлов с толщиной соединяемых элементов более 2 мм при небольшой протяженности швов, расположенных в труднодоступных местах и различных пространственных положениях.

Основные достоинства данного способа сварки — универсальность и простота оборудования, а его недостаток — невысокая производительность, которая обусловлена малыми допустимыми значениями плотности тока и тем, что формирование шва происходит в основном за счет электродного металла.

Наиболее широкое применение находит ручная сварка электрической дугой прямого действия. Лучшие результаты достигаются при сварке короткой дугой длиной 0,5–1,1 диаметра электрода при токе 90–350 А и напряжении дуги 18–30 В. При большой длине дуги усиливаются окисление электродного металла и разбрызгивание, уменьшается глубина провара.

2.2. Покрытые электроды для ручной дуговой сварки и наплавки

Несмотря на широкое применение различных механизированных способов сварки плавлением, наибольшее количество сварных конструкций изготавливается ручной дуговой сваркой. Ручная дуговая сварка производится покрытыми электродами, конструктивно представляющими собой металлический стержень с нанесенным на него опрессовкой под давлением покрытием соответствующего состава (рис. 2.2). Покрытие электрода обеспечивает: легкое зажигание



Рис. 2.2. Покрытый электрод:

1 — стержень; 2 — участок перехода; 3 — покрытие; 4 — контактный торец без покрытия. L — длина электрода; l — длина защищенного от покрытия конца. D — диаметр покрытия; d — номинальный диаметр стержня

и устойчивое горение дуги; получение металла шва требуемого химического состава; равномерное расплавление стержня и покрытия электрода; высокую производительность при небольших потерях электродного металла на угар и разбрызгивание; легкую отделяемость шлаковой корки от поверхности шва.

Один из концов стержня освобожден от покрытия для его зажатия в электрододержателе с обеспечением электрического контакта. Второй конец только слегка очищен для облегчения зажигания дуги посредством контакта с изделием. На контактный торец электрода может быть нанесен слой ионизирующего вещества, облегчающего возбуждение сварочной дуги.

Основное назначение электродных покрытий — обеспечение стабильности горения сварочной дуги и получение металла шва с заранее заданными свойствами (прочность, пластичность, ударная вязкость, стойкость против коррозии и т.п.). Стабильность горения сварочной дуги достигается снижением потенциала ионизации воздушного промежутка между электродом и свариваемой деталью.

Шлак, образующийся при расплавлении покрытия, создает на поверхности расплавленного металла защитный покров, а кроме того, служит для защиты каплей электродного металла, переходящих через дуговой промежуток, от воздействия кислорода и азота воздуха путем образования на их поверхности шлаковых оболочек.

Шлак, покрывающий сварной шов, уменьшает скорость охлаждения и затвердения металла шва, способствуя выводу из него газовых и неметаллических включений. Шлакообразующими компонентами являются: титановый концентрат, марганцевая руда, каолин, мрамор, мел, кварцевый песок, доломит, полевой шпат.

Легирование металла шва производится для придания специальных свойств наплавленному металлу. Наиболее часто применяются такие легирующие компоненты, как хром, никель, молибден, вольфрам, марганец, титан и др. Чаще металл шва легируют введением легирующих компонентов в состав покрытия электрода.

Для повышения производительности, т.е. для увеличения количества наплавленного металла в единицу времени, в электродные покрытия иногда вводят железный порошок.

Для закрепления покрытия на стержне используют связывающие компоненты, наиболее распространенным из которых является жидкое стекло.

Покрытые электроды классифицируются по следующим признакам: по назначению, типу и марке; по толщине покрытия; видам по-

крытия; допустимым пространственным положениям сварки или наплавки, роду и полярности применяемого при сварке или наплавке тока, а также номинальному напряжению холостого хода источника питания сварочной дуги переменного тока.

По назначению электроды подразделяются:

- для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву до 600 МПа (60 кгс/мм^2);
- сварки легированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву свыше 600 МПа (60 кгс/мм^2);
- сварки легированных теплоустойчивых сталей;
- сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами;
- наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами.

По толщине покрытия электроды подразделяются в зависимости от отношения наружного диаметра к диаметру стержня электрода, т.е. D/d :

- при отношении $D/d < 1,20$ — с тонким покрытием;
- отношении $1,20 < D/d < 1,45$ — со средним покрытием;
- отношении $1,45 < D/d < 1,80$ — с толстым покрытием;
- отношении $D/d > 1,80$ — с особо толстым покрытием.

По видам покрытия электроды подразделяются: с кислым покрытием, с основным покрытием, с целлюлозным покрытием, рутиловым покрытием, покрытием смешанного вида, прочими видами покрытий.

По допустимым пространственным положениям сварки или наплавки электроды подразделяются:

- для всех положений;
- всех положений, кроме вертикального сверху вниз;
- нижнего, горизонтального на вертикальной плоскости и вертикального снизу вверх;
- нижнего и нижнего в лодочку.

По роду и полярности применяемого при сварке или наплавке тока электроды подразделяются:

- для сварки только на постоянном токе прямой, обратной или любой полярности;
- сварки как на постоянном, так и на переменном токе

2.3. Покрытие электродов

Функции покрытия электродов. Покрытие электродов должно обеспечивать следующие функции:

- устойчивое горение дуги;
- защиту расплавленного металла шва от воздействия кислорода и азота воздуха;
- раскисление образующихся в металле шва оксидов и удаление невосстанавливаемых оксидов в шлак;
- изменение состава наплавленного металла вводом в него легирующих примесей;
- удаление серы и фосфора из расплавленного металла шва;
- образование шлаковой корки над металлом шва, замедляя его охлаждение и тем самым способствуя выходу газов и неметаллических включений на поверхность металла шва.

Для выполнения перечисленных выше функций электродное покрытие должно содержать следующие компоненты:

- ионизирующие вещества для снижения эффективного потенциала ионизации — это обеспечивает стабильное горение дуги. В качестве ионизирующих компонентов в покрытие вводят мел, мрамор, поташ, полевой шпат и т.п.;
- газообразующие вещества, которые при сварке разлагаются или сгорают, выделяя большое количество газов, создающих в зоне дуги газовую оболочку, которая предохраняет металл шва от воздействия атмосферного кислорода и азота. В качестве газообразующих компонентов в покрытие вводят крахмал, древесную муку, целлюлозу и т.п.;
- раскисляющие вещества, которые вступают в реакцию с оксидами железа и поэтому восстанавливают металл шва. В качестве раскислителей применяют ферросплавы, алюминий, графит и т.п.;
- шлакообразующие вещества, которые создают шлаковую защиту расплавленного металла шва, а также капель электродного металла, проходящего через дуговой промежуток. Кроме того, шлаки активно участвуют в металлургических процессах при сварке и способствуют получению качественного шва. В качестве шлакообразующих веществ применяют полевой шпат, кварц, мрамор, рутил, марганцевую руду и т.п.;
- легирующие вещества, которые при сварке переходят из покрытия в металл шва и легируют его для придания тех или иных физико-механических свойств. В качестве легирующих веществ применяют ферромарганец, ферросилиций, феррохром, ферротитан;
- связывающие вещества, являющиеся основой для получения вязкой пасты из компонентов покрытия, а также для связывания

пасты со стержнем электрода и придания определенной прочности после высыхания покрытия. В качестве связывающего вещества применяют в основном жидкое стекло.

Электроды с кислым покрытием. Основу этого покрытия составляют оксиды железа, марганца и кремния. При плавлении покрытия выделяется кислород, способный окислять металл сварочной ванны и легирующие компоненты. Для ослабления действия кислорода в покрытие вводят раскислители в виде ферросплавов. Защитные газы образуются за счет сгорания органических составляющих.

Металл шва, выполненный электродами с кислым покрытием, имеет повышенную склонность к образованию горячих трещин и содержит мало легирующих добавок, из-за чего его вязкость и пластичность не высоки.

Электроды с кислым покрытием предназначены для сварки ответственных конструкций из низкоуглеродистой стали. При сварке этими электродами выделяется много вредных примесей.

Электроды с кислым покрытием не склонны к образованию пор при сварке металла, покрытого окалиной или ржавчиной, а также при удлинении дуги. Сварку можно выполнять на постоянном и переменном токе.

Электроды с рутиловым покрытием. Основным компонентом рутиловых покрытий является минерал рутил, состоящий в основном из диоксида титана. Кроме того, рутиловые покрытия содержат полевой шпат, каолин и карбонаты (мрамор, магнезит). В качестве раскислителя и легирующего компонента применяется ферромарганец. Газозащитными составляющими в рутиловых покрытиях служат органические материалы и карбонаты.

Шлак при сварке электродами с рутиловым покрытием после остывания сварного шва легко удаляется.

Рутиловые электроды не склонны к образованию пор в швах при сварке сталей, имеющих на поверхности окалину и ржавчину, не чувствительны к изменениям длины дуги.

Отсыревшие электроды необходимо просушивать при температуре 200 °С в течение 1 ч. Пористость шва может проявиться и при значительном превышении температуры сушки электродов.

Важным преимуществом рутиловых электродов является легкость зажигания дуги и малая склонность к образованию пор в кратерах. Электроды с рутиловым покрытием значительно превосходят электроды с основным покрытием по формированию шва и плавности перехода от шва к основному металлу.

Для повышения производительности в некоторые покрытия добавляют до 50% порошка железа, при этом производительность и возможность сварки в различных пространственных положениях зависят от толщины покрытия и содержания в нем железного порошка.

Электроды с рутиловым покрытием, образуя при сгорании небольшое количество аэрозолей, содержащих оксиды марганца, имеют хорошие гигиенические показатели. Область применения рутиловых электродов — сварка конструкций из низкоуглеродистых и низколегированных сталей в строительстве и машиностроении, но их не следует применять для сварки конструкций, работающих при высоких температурах.

Электроды с основным покрытием. Покрытие этого типа составлено на основе флюоридного шпата (CaF_2) и карбонатов кальция. При высокой температуре дуги карбонаты распадаются с образованием оксидов кальция, магния, оксида и диоксида углерода. Это создает безводородную газозащитную среду. Кроме того, наличие в покрытиях фтористого кальция придает им способность обезводороживать металл, что достигается связыванием водорода в термически стойкие соединения.

Низкое содержание водорода в наплавленном металле делает электроды с основным покрытием незаменимыми при сварке закаливающих сталей, склонных к образованию холодных трещин вследствие водородного охрупчивания, связанного с диффузией водорода из расплавленного металла шва в околошовную зону.

Металл, наплавленный электродами с основными покрытиями, обладает высокой стойкостью против образования горячих трещин. Эти электроды наиболее пригодны для сварки жестких конструкций, выполнения многослойных швов большой толщины, а также для сварки сталей с повышенным содержанием углерода и серы.

К недостаткам электродов с основным покрытием относится низкая стабильность горения дуги. Это объясняется наличием в зоне дуги ионов фтора. Поэтому сварку этими электродами выполняют во всех пространственных положениях на постоянном токе обратной полярности короткой дугой. Желательно выполнять соединение широкими швами, возможно дольше удерживая сварочную ванну в жидком состоянии.

К существенным недостаткам основных покрытий относится их склонность к образованию пористости швов при удлинении дуги

во время сварки, а также при наличии больших зазоров в сварных соединениях.

Увлажнение покрытий вызывает повышение содержания водорода в металле шва, что, в свою очередь, приводит к появлению пор в сварном шве. Увлажнение электродных покрытий зависит от качества упаковки, условий транспортирования и последующего хранения на складах и в производственных кладовых.

Предельный уровень влаги основных покрытий электродов перед сваркой 0,3%. Эффективным способом, гарантирующим выполнение этого требования, является прокатка электродов непосредственно перед сваркой. Оптимальным режимом является прокатка при температуре 350 °С в течение 2 ч.

Электроды с основным покрытием применяются для сварки конструкционных, коррозионно-стойких, окислостойких, жаропрочных и других специальных сталей и сплавов. Электроды с основным покрытием также используются для сварки металлоконструкций, работающих при температуре до минус 70 °С.

В аэрозолях, образующихся при сгорании покрытия, содержатся различные фтористые соединения, поэтому при выполнении сварочных работ в закрытых помещениях необходима хорошая вентиляция, а сварщики должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты органов дыхания или работать с подачей чистого воздуха в зону дыхания сварщика.

Электроды с целлюлозным покрытием. Покрытие этого вида содержит в качестве газообразующих и связующих веществ большое количество (до 50%) органических компонентов. В качестве раскислителей вводят ферросплавы марганца, в качестве шлакообразующих компонентов — рутил, карбонаты, алюмосиликаты и др. Легирование металла шва осуществляется легирующими добавками стержня, а также введением в состав покрытия металлических порошков и ферросплавов. Целлюлозные покрытия образуют на сварном шве тонкий слой шлака.

Электроды обеспечивают качественный провар корня шва и удобны для выполнения монтажных работ, когда необходимо накладывать швы во всех пространственных положениях. Для электродов с целлюлозным покрытием характерно образование равномерного обратного валика шва при односторонней сварке на весу и возможность сварки вертикальных швов способом сверху вниз. Металл, наплавленный этими электродами, по химическому составу соответствует полуспокойной или спокойной стали, в то же время он содержит повышенное количество водорода.

2.4. Условное обозначение и характеристики покрытых электродов

Условное обозначение электродов по ГОСТ 9466—75 (рис. 2.3 и табл. 2.1) дает полные сведения об их основных характеристиках. Обозначение назначения электродов:



Рис. 2.3. Схема структуры условного обозначения электродов

1 — тип; 2 — марка; 3 — диаметр, мм; 4 — обозначение назначения электродов; 5 — обозначение толщины покрытия; 6 — группа индексов, указывающая характеристики наплавленного металла и металла шва по ГОСТ 9467—75, ГОСТ 10051—75 или ГОСТ 10052—75; 7 — обозначение вида покрытия; 8 — обозначение допустимых пространственных очертаний сварки или наплавки; 9 — обозначение рода применяемого при сварке или наплавке тока, полярности постоянного тока и номинального напряжения холостого хода источника питания сварочной дуги переменного тока частотой 50 Гц; 10 — ГОСТ 9466—75; 11 — обозначение стандарта на типы электродов

У — для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву до 500 МПа;

Л — для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву до 500 МПа, когда к металлу сварных швов предъявляют повышенные требования по пластичности и ударной вязкости;

Т — для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву от 500 до 600 МПа;

В — для сварки легированных конструкционных сталей повышенной и высокой прочности с временным сопротивлением разрыву выше 600 МПа;

Н — для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами.

Обозначение толщины покрытия 5;

М — с тонким покрытием, $D/d < 1,20$;

С — со средним покрытием, $1,20 < D/d < 1,45$;

Д — с толстым покрытием, $1,45 < D/d < 1,80$;

Г — с особо толстым покрытием, $D/d > 1,80$.

Обозначение вида покрытия 7:

А — кислый;

Б — основной;

Ц — целлюлозный;

Р — рутиловый;

АЦ, РБ — смешанный;

П — прочие.

При наличии в составе покрытия железного порошка в количестве более 20% к обозначению вида покрытия электродов следует добавлять букву Ж.

Обозначение допустимых пространственных положений швов при сварке или наплавке 8:

1 — для всех положений;

2 — для всех положений, кроме вертикального сверху вниз;

3 — для нижнего, горизонтального на вертикальной плоскости и вертикального сверху вниз;

4 — для нижнего и нижнего в долочку.

Таблица 2.1

Обозначение полярности постоянного тока и номинального напряжения холостого хода источника питания сварочной дуги переменного тока частотой 50 Гц, применяемых при сварке или наплавке

Индекс	Полярность постоянного тока	$U_{\text{хх}}$ трансформатора, В
0	Обратная (+)	—
1	Любая (+/-)	50
2	Прямая (-)	50
3	Обратная (+)	50
4	Любая (+/-)	70
5	Прямая (-)	70
6	Обратная (+)	70
7	Любая (+/-)	90
8	Прямая (-)	90
9	Обратная (+)	90

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

2.5. Техника выполнения сварных швов

Электрическая дуга. Под техникой выполнения сварных швов понимают выбор режимов сварки и приемы манипулирования электродом. Структурно технология сварки любого узла укрупненно состоит из операций: подготовка деталей под сварку (скос кромок, их очистка и обезжиривание); сборка деталей под сварку (желательно в приспособлении); выбор режимов сварки; сварка узла; контроль качества сварки; дополнительные операции (правка, термообработка, очистка, окраска).

Возбуждение электрической дуги производится каждый раз до начала сварки, повторное возбуждение дуги — в процессе сварки при ее обрыве. Возбуждение сварочной дуги производится путем касания торцом электрода поверхности свариваемого изделия с быстрым последующим отводом торца электрода от поверхности изделия. При этом, если зазор не слишком велик, происходит мгновенное появление тока и установление столба дуги. Прикосновение электрода к изделию должно быть кратковременным, так как иначе он приварится к изделию («прилипнет»). Отрывать «прилипший» электрод следует резким поворачиванием его вправо и влево.

Возбуждение дуги может производиться либо серией возвратно-поступательных движений с легким прикосновением к поверхности свариваемого металла и последующим отводом от поверхности изделия на 2—4 мм (рис. 2.4, а), либо путем царапающих движений торцом электрода по поверхности изделия (рис. 2.4, б), которые напоминают чирканье спички. Используйте наиболее удобный для вас способ.



Рис. 2.4. Методы зажигания дуги:
а — боковым движением, б — касанием электрода

После возбуждения дуги электрод должен выдерживаться некоторое время в точке начала наплавки, пока не сформируется сварной шов и не произойдет расплавление основного металла (рис. 2.5). Одновременно с расплавлением электрода необходимо равномерно подавать его в сварочную ванну, поддерживая тем самым оптимальную длину дуги. Показателями оптимальной длины дуги является резкий потрескивающий звук, ровный перенос капель металла через дуговой промежуток, малое разбрызгивание.

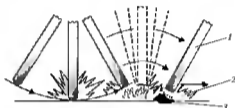


Рис. 2.5. Возбуждение дуги и начало формирования сварного шва:
1 — электрод, 2 — дуга, 3 — расплавленный металл

Длина дуги значительно влияет на качество сварки. Короткая дуга горит устойчиво и спокойно. Она обеспечивает получение высококачественного шва, так как расплавленный металл электрода быстро проходит дуговой промежуток и меньше подвергается окислению и азотированию. Но слишком короткая дуга требует высокой квалификации сварщика, выполняющего сварку. Длинная дуга горит неустойчиво с характерным шипением. Глубина проплавления недостаточная, расплавленный металл электрода разбрызгивается и больше окисляется и азотируется. Шов получается бесформенным, а металл шва содержит большое количество оксидов.

Если во время сварки по какой-либо причине сварочная дуга погаснет, то применяется специальная техника повторного зажигания дуги, обеспечивающая начало сварки с хорошим сплавлением и внешним видом. При повторном зажигании дуга должна возбуждаться на передней кромке кратера, затем через весь кратер переводиться на противоположную кромку, на только что наплавленный металл, и после этого снова вперед, в направлении проводившейся сварки (рис. 2.6). Если электрод при повторном зажигании дуги не будет достаточно далеко отведен назад, между участками начала и конца сварки останется углубление. Если же при повторном зажигании электрод отвести слишком далеко назад, то на поверхности сварного валика образуется высокий наплыв.



Рис. 2.6. Повторное зажигание сварочной дуги.
 1 — возбуждение дуги, 2 — перенос дуги на противоположную кромку кратера, 3 — перенос дуги на переднюю кромку кратера

Положение и перемещение электрода при сварке. Во время сварки электроду сообщаются следующие движения:

- поступательное по оси электрода в сторону сварочной ванны, при этом для сохранения постоянства длины дуги скорость движения должна соответствовать скорости плавления электрода;
- перемещение вдоль линии свариваемого шва, которое называется скоростью сварки; скорость этого движения устанавливается в зависимости от тока, диаметра электрода, скорости его плавления, вида шва и других факторов;
- перемещение электрода поперек шва для получения шва шире, чем выпуклый валик, так называемого уширенного валика.

При слишком большой скорости сварки наплавленные валики получаются узкими, с малой выпуклостью, с крупными чешуйками. При слишком медленной скорости перемещения электрода сварной валик имеет слишком большую выпуклость, шов неровный по форме, с наплывами по краям.

Положение электрода при сварке должно соответствовать рис. 2.7. Сварка осуществляется в направлении как слева направо, так и справа налево, от себя и на себя.

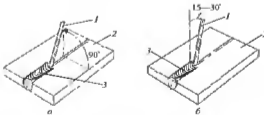


Рис. 2.7. Угол наклона электрода.
 а — в горизонтальной плоскости, б — в вертикальной плоскости, 1 — электрод, 2 — детали, 3 — шов

В конце шва нельзя резко обрывать сварочную дугу и оставлять на поверхности металла кратер, являющийся концентратором напряжений и зоной с повышенным содержанием вредных примесей. Во избежание образования кратера необходимо прекратить перемещение электрода, т.е. произвести задержку на 1—2 с, затем сместиться назад на 5 мм и быстрым движением вверх и назад оборвать дугу (рис. 2.8).

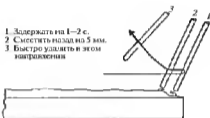


Рис. 2.8. Завершение сварки: 1, 2, 3 — последовательные положения электрода

При неправильном завершении сварки в месте окончания шва, где погасла дуга, всегда образуется глубокий кратер. Кратер может служить показателем глубины проплавления, однако в конце сварки и наплавки данные кратеры должны заполняться и завариваться. Это производится путем возбуждения дуги в кратере, установления короткой дуги и выдержки в таком положении электрода вплоть до заполнения расплавленным металлом кратера. Не рекомендуется заваривать кратер, несколько раз обрывая и возбуждая дугу, ввиду образования оксидных и шлаковых загрязнений металла.

Сварной шов, образованный в результате двух движений торца электрода (поступательного и вдоль линии шва), называют «ниточным» (рис. 2.9). Его ширина при оптимальной скорости сварки состав-



Рис. 2.9. «Ниточный» шов (1) и широкий шов (2), обусловленный поперечными колебаниями электрода

длет (0,8—1,5) d_e . Нисходящим швом заполняют корень шва, сваривают тонкие заготовки, выполняют наплавочные работы и производят подварку подрезов.

Для наплавки валика без поперечных колебаний электрода необходимо возбудить дугу, растянуть ее и некоторое время удержать на одном месте для прогрева основного металла. Затем постепенно уменьшать длину дугового промежутка, пока не образуется сварочная ванна соответствующего размера. Она должна хорошо сплавиться с основным металлом до того момента, когда начнется поступательное движение электрода в направлении сварки. При этом рекомендуется выполнять небольшие перемещения электродом вдоль оси шва. Однако большинство сварщиков предпочитают перемещать электрод вдоль оси шва без каких-либо продольных колебаний, определяя скорость сварки по формированию валика.

При наплавке валиков на обратной полярности некоторые электроды имеют склонность к образованию подрезов. Для предотвращения проявления этой тенденции не следует перемещать сварочную дугу, располагающуюся за кратером, пока не будет наплавлено достаточное количество металла, чтобы сварной шов получил требуемый размер и подрез был заполнен наплавленным металлом.

Поперечные колебания электрода по определенной траектории, совершаемые с постоянной частотой и амплитудой и совмещенные с перемещением вдоль шва, позволяют получить сварной шов требуемой ширины (рис. 2.9). Поперечные колебательные движения конца электрода определяются формой разделки, размерами и положением шва, свойствами свариваемого материала, навыком сварщика. Широкие швы (1,5—5) d_e получают с помощью поперечных колебаний, изображенных на рис. 2.10.

Для выполнения уширенного валика необходимо установить электрод в положение, показанное на рис. 2.11. При этом следует иметь в виду, что поперечные колебания совершаются электрододержателем, положение электрода в любой точке шва строго параллельно его первоначальному положению. Угол наклона электрода в вертикальной и горизонтальной плоскости не должен изменяться при колебательных движениях по поверхности шва.

Колебания электрода должны производиться с амплитудой, не превышающей три диаметра используемого электрода. Во время процесса формирования валика наплавленный слой должен поддерживаться в расплавленном состоянии. Если перемещать электрод слишком далеко и задерживать его возвращение, то возможны охлаждение и кри-

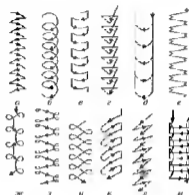


Рис. 2.10. Основные виды поперечных движений торца электрода

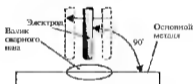


Рис. 2.11. Положение электрода при наплавке валиков с поперечными колебаниями

стабилизация металла сварочной ванны. Это приводит к появлению в металле сварного шва шлаковых включений и ухудшает его внешний вид.

При сварке необходимо внимательно наблюдать за сварочной ванной, следить за ее шириной и глубиной проплавления, при этом не перемещать электрод слишком быстро. В конце каждого перемещения на мгновение останавливать электрод. Амплитуда поперечных колебаний должна быть немного меньше требуемой ширины наплавляемого валика.

При сварке на прямой полярности, как правило, не возникает проблем с подрезами. При сварке на обратной полярности могут возникнуть проблемы с появлением подрезов. Проблему подрезов можно преодолеть путем более длительной выдержки сварочной дуги в крайних точках поперечных перемещений. Выпуклость сварного шва будет меньше, чем при сварке на прямой полярности, проплавление будет более глубоким.

На вертикальной поверхности узкие горизонтальные валики наплавляются (рис. 2.12), как правило, на обратной полярности; при этом сварочный ток не должен быть слишком большим. Сварка должна производиться на короткой дуге. При сварке следует уделять внимание тому, чтобы металл сварочной ванны не вытекал вниз или не образовывал наплыв на нижней кромке. Для этого необходимо совершать возвратно-поступательные движения электродом в направлении оси сварного шва. Каждый новый валик должен перекрывать ранее наплавленный соседний с ним валик не менее чем на 45–55%. Для предотвращения образования подрезов необходимо производить колебания электрода в пределах выпуклости сварного валика.



Рис. 2.12. Положение электрода при наплавке горизонтального валика на вертикальной поверхности и порядок наложения слоев (справа)

В большинстве случаев выполнение сварки в вертикальном положении производится снизу вверх, особенно для ответственных стыков. Данная техника сварки широко используется при строительстве трубопроводов высокого давления, в кораблестроении, при сооружении сосудов высокого давления и при строительных работах.

Наплавка узких валиков на поверхность, нисходящую в вертикальном положении, при сварке снизу вверх производится на обратной полярности сварочного тока, при этом сварочный ток не должен иметь слишком высокое значение (рис. 2.13). Необходимо использовать возвратно-поступательные перемещения электрода. Наплавка валиков должна производиться при короткой дуге, в верхней части траектории колебаний электрода; дугу следует растягивать, но нельзя допускать ее обрыва в данной области.

В некоторых случаях предпочтительно поддерживать постоянную сварочную ванну, которую медленно выводят снизу вверх, применяя при этом небольшие колебательные движения электродом (рис. 2.14). Данный способ ведения сварки приводит к наплавке валика с большой выпуклостью, а также к появлению вероятности трещин металла сварного шва. Сварка в вертикальном положении сверху вниз достаточно редко встречается в промышленности, особенно при обыч-



Рис. 2.13. Положение электрода при наплавке узких валиков без поперечных колебаний электрода в вертикальном положении снизу вверх

ных работах. Область применения данного способа ведения сварки обычно ограничивается сварочными работами при строительстве магистральных трубопроводов и при сварке тонколистового проката.

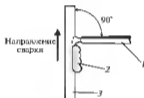


Рис. 2.14. Положение электрода при наплавке узких валиков с постоянной сварочной ванной в вертикальном положении снизу вверх: 1 — электрод, 2 — шов, 3 — изделие

Наплавка узких валиков в вертикальном положении сверху вниз производится на обратной полярности (рис. 2.15), при этом следует обратить особое внимание на установку сварочного тока. В процессе сварки необходимо поддерживать очень короткую дугу, чтобы шлак не затекал в головную часть сварочной ванны. Поперечные колебания электрода не применяются, поэтому скорость перемещения достаточно велика. Этим объясняется малая ширина наплавленных валиков, а также их малая выпуклость. Подрезы почти не образуются.

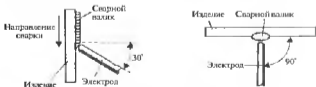


Рис. 2.15. Положение электрода при наплавке узких валиков без поперечных колебаний электрода в вертикальном положении сверху вниз

Сварка с поперечными колебаниями электрода в вертикальном положении очень часто применяется при сооружении трубопроводов высокого давления, сосудов высокого давления, при сварке судовых конструкций, а также при изготовлении металлоконструкций. Данная техника сварки очень часто применяется для выполнения многопроходных швов в разделку, а также угловых швов, находящихся в вертикальном положении.

При наплавке валиков с поперечными колебаниями электрода в вертикальном положении (рис. 2.16) сварочный ток должен быть не слишком большим, однако он должен быть достаточным для хорошего проплавления. В нижней части соединения наплавляется полка шириной не более 12 мм, при этом смещение электрода от оси сварного шва не должно превышать 3 мм. Перемещение электрода должно производиться по траектории (рис. 2.16, б). Для предотвращения появления подрезов необходимо делать кратковременные остановки электрода во время выхода его на боковые кромки сварного шва.



Рис. 2.16. Положение электрода при наплавке валиков в вертикальном положении снизу вверх с поперечными колебаниями электрода (а) и траектория движения электрода (б)

Сварку можно производить путем поддержания постоянного перемещения сварочной ванны, не допуская вытекания расплавленного металла. Нельзя держать сварочную дугу слишком долго вне кратера — это может привести к охлаждению кратера и вызовет избыточное разбрызгивание металла перед швом.

При наплавке валиков на прямой полярности сварочный ток должен быть несколько больше, чем при сварке на обратной полярности. Поскольку при сварке на прямой полярности выше производительность наплавки, а также больше количество шлака, скорость перемещения электрода должна быть выше. Подрезы не составляют значительной проблемы, поэтому отпадает необходимость задержки электрода на боковых поверхностях свариваемых кромок.

Наплавка валиков в вертикальном положении с поперечными колебаниями электрода в вертикальном положении сверху вниз производится на обратной полярности (рис. 2.17). Во время сварки необходимо поддерживать очень короткую дугу, чтобы шлак не затекал в головную часть сварочной ванны. Для предотвращения появления подрезов осуществляются кратковременные остановки электрода во время выхода его на боковые кромки сварного шва.



Рис. 2.17. Положение электрода при наплавке валиков в вертикальном положении сверху вниз с поперечными колебаниями электрода (а) и траектория движения электрода (б)

Сварка в потолочном положении распространена при строительстве трубопроводов, в судостроении и при строительном-монтажных работах.

Наплавка узких валиков в потолочном положении (рис. 2.18) может производиться как на обратной, так и на прямой полярности. Величина сварочного тока при обратной полярности такая же, как при сварке в вертикальном положении. При сварке на прямой полярности эта величина несколько больше.

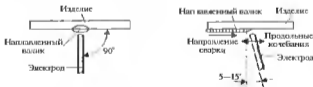


Рис. 2.18. Положение электрода при наплавке узких валиков в потолочном положении

Во время сварки на обратной полярности необходимо поддерживать короткую дугу, сварочная ванна не должна быть слишком сильно перегрета. При сварке на прямой полярности длина дуги должна быть несколько длиннее. Небольшие колебания электрода вперед-назад от-

носителем направления сварки служат для предварительного подогрева сварного шва; кроме того, они способствуют предотвращению подтекания расплавленного шлака в головную часть сварочной ванны. Некоторые сварщики при сварке на прямой полярности предпочитают перемещать электрод во время сварки очень маленькими участками, при этом необходимо обращать внимание на опасность получения сварного шва с большой выпуклостью, а также на образование толстой корки шлака. При сварке на прямой полярности опасность появления подрезов практически исключена.

Наплавка валиков с поперечными колебаниями электрода в потолочном положении производится на обратной полярности при положении электрода, показанном на рис. 2.19, а. Большое значение имеет поддержание короткой дуги, а также стабильности дугового промежутка по всей ширине наплавляемого валика.



Рис. 2.19. Положение электрода при наплавке валиков с поперечными колебаниями электрода в потолочном положении (а) и траектории перемещения электрода (б)

Наплавку можно производить путем перемещения всей сварочной ванны, не допуская высокой текучести расплавленного металла сварочной ванны, что приведет к вытеканию сварочной ванны. Если данное затруднение будет устранено, то электрод можно перемещать вперед вдоль любой из свариваемых кромок (рис. 2.19, б). При этом допускается удлинение дуги, без ее обрыва.

Сварка торцового соединения в нижнем положении. Торцовые соединения широко применяются в конструкциях сосудов, не подвергаемых воздействию высокого давления. Торцовые соединения — экономичные соединения, но они не выдерживают значительных растягивающих или изгибающих нагрузок. Для выполнения данного соединения требуется мало электродов. Выполнение сварки торцового соединения не представляет каких-либо затруднений и может производиться в широком диапазоне сварочных режимов, как на прямой полярности, так и на обратной. Во время сварки рекомендуется производить неболь-

шие поперечные колебания электрода. При излишне широких колебаниях электрода металл начнет свешиваться с краев соединения.

Сварка стыкового соединения без скоса кромок в нижнем положении. Данный тип сварного соединения широко используется в промышленности для конструкций обычного назначения. При двухсторонней сварке металла, толщина которого не превышает 6 мм, данное соединение будет прочным. Однако, как правило, такие соединения свариваются только с одной стороны. В этом случае прочность будет определяться глубиной проплавления, которая в свою очередь зависит от диаметра применяемых электродов, величины сварочного тока, величины зазора между деталями, а также от толщины свариваемых деталей. При односторонней сварке получение полного проплавления без зазора между свариваемыми кромками для металла толщиной более 5 мм весьма сложно.

Сварка стыкового соединения без скоса кромок для обеспечения повышенного тепловложения производится на обратной полярности. При сварке необходимо осуществлять возвратно-поступательные перемещения электрода вдоль оси шва. Это приводит к предварительному подогреву металла перед сварным швом, сводит к минимуму риск получения прожога и обеспечивает вытеснение расплавленного шлака на поверхность сварочной ванны, что исключит вероятность образования неметаллических шлаковых включений в металле сварного шва.

Во время сварки необходимо поддержание постоянства скорости и равномерности перемещения электрода вдоль оси стыка, а также величины зазора между электродом и изделием (длины дуги). При слишком высокой скорости перемещения электрода шов получается узкий, образуются подрезы. При слишком малой скорости сварки сварочная ванна разогревается до температуры, при которой возможен прожог.

Длинная дуга приводит к ухудшению внешнего вида шва, уменьшению глубины проплавления, избыточному разбрызгиванию и низким механическим свойствам металла сварного шва.

Сварка в нижнем положении таврового соединения (сварка «в лодочку») односторонним угловым швом. При образовании углового шва во избежание несплавления свариваемые поверхности наклоняют к горизонтальной плоскости под углом 45° — сварка «в лодочку» (рис. 2.20, а), а при наклоне под углом 30° или 60° — в несимметричную «лодочку» (рис. 2.20, б). Сварка производится на повышенных значениях сварочного тока, как на прямой, так и на обратной полярности тока. Сварка на обратной полярности производится короткой дугой. Правильное положение электрода при сварке показано на рис. 2.20, в.

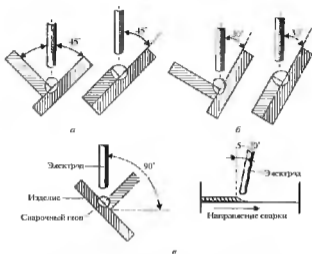


Рис. 2.20. Положение электрода при сварке «в лодочку»
 а — сварка в симметричную «лодочку»; б — сварка в несимметричную «лодочку»; в — пространственное положение электрода

В начале сварки электрод должен быть выведен на кромку свариваемой пластины. После подогрева кромки пластины растянутой дугой начинается наложение сварного шва требуемой ширины и глубины проплавления. Производятся небольшие возвратно-поступательные перемещения электродом в направлении оси сварного шва. Это обеспечивает предварительный подогрев корневой части сварного шва и предотвращает натекание расплавленного шлака перед головной частью сварочной ванны.

Электрод следует направлять непосредственно в корень сварного шва, не допуская, чтобы сварочная дуга вышла на поверхность пластины за пределами области формирования сварного шва. Наплавка слишком большого количества металла за один проход не допускается.

Сварка в нижнем положении таврового соединения (сварка «в лодочку») многопроходным угловым швом. Очень часто при сварке таврового соединения в нижнем положении необходимо производить многопроходную сварку. Однопроходные угловые швы должны иметь ка-

теты, которые превышают диаметр используемого электрода не более чем на 1,5—3,0 мм. При многопроходной сварке угловых швов число слоев определяют, исходя из диаметра электрода, при этом толщина каждого слоя не должна превышать (0,8—1,2) d_e .

Поскольку тавровое соединение в нижнем положении образует кромки, подобно стыковому соединению со скосом кромок, сварка может выполняться с использованием техники сварки с поперечными колебаниями электрода; при этом ширина шва не должна превышать (1,5—5) d_e . Если едой сварного шва превышает допустимую ширину шва, то наплавка каждого слоя производится необходимым количеством валиков (рис. 2.21, а). Положение электрода должно соответствовать рис. 2.21, б.



Рис. 2.21. Многопроходная сварка «в лодочку».
а — формирование шва; б — последовательность выполнения валиков

При сварке данного соединения первый проход выполняется электродом толщиной 4—6 мм без поперечных колебаний. Последующие проходы выполняются электродами меньшего диаметра. При сварке этих проходов необходимо применять поперечные колебания электрода, при этом амплитуда колебаний электрода не должна превышать допустимой ширины шва.

При сварке на обратной полярности поддерживается несколько меньшая длина дуги, чем на прямой полярности. При этом необходимо избегать появления возможных подрезов. Для этого можно применять задержки электрода в крайних точках амплитуды поперечных колебаний электрода при одновременном контроле ширины сварного шва и амплитуды поперечных колебаний электрода.

Перед наплавкой каждого слоя или валика необходимо тщательно очищать от шлака поверхность сварного шва, в противном случае неизбежно появление шлаковых включений. В начале и при возобновлении сварки необходимо заваривать краевые сварных валиков.

Сварка углового соединения с наружным углом в нижнем положении. Угловые соединения с наружными углами швами применяются

в конструкциях редко. Эти соединения являются технологичными, а параметры режима сварки аналогичны применяемым при сварке стыковых соединений со скосом кромок.

Для обеспечения максимальной прочности в сварном соединении необходимо обеспечить проплавление с обратной стороны. Добавление внутреннего углового шва к наружному значительно повышает прочность всего углового соединения.

Сварку углового соединения с наружным углом в нижнем положении выполняют на обратной полярности при положении электрода, показанном на рис. 2.22. При первом проходе используется техника сварки, применяемая при наложении узкого шва, без поперечных колебаний. Сварной шов при первом проходе должен обеспечить полное проплавление обратной стороны соединения и хорошее сплавление с обеими пластинами. Большое значение для достижения этой цели имеет поддержание короткой дуги.

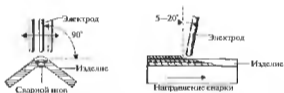


Рис. 2.22. Положение электрода при сварке углового соединения с наружным углом в нижнем положении

При выполнении второго, третьего и последующих проходов сварочный ток повышают по сравнению с первым проходом. При выполнении данных проходов используется техника поперечных колебаний электрода. Третий проход должен производиться с более широкой амплитудой колебаний, чем второй. Техника выполнения второго и последующих проходов аналогична выполнению данных проходов при сварке «в лодочку» многопроходным угловым швом.

Во время сварки необходимо ограничивать амплитуду поперечных колебаний электрода. Для устранения подрезов необходимо производить кратковременную остановку электрода в крайних точках траектории поперечных колебаний. После каждого прохода необходимо тщательно очистить наплавленный металл от шлаковой корки.

Сварка стыкового соединения со скосом кромок на подкладке в нижнем положении. Данный тип сварного соединения достаточно часто

применяется при сварке трубопроводов, сосудов высокого давления и корабельных конструкций.

Сварка данного соединения производится на обратной полярности. Для первого прохода устанавливается невысокое значение сварочного тока при положении электрода, показанном на рис. 2.23. Сварка выполняется узким валиком без поперечных колебаний электрода. Во время сварки необходимо обеспечить хорошее сплавление с подкладкой и поверхностями разделки в корневой части соединения. Поверхность шва должна быть максимально плоской.



Рис. 2.23. Положение электрода при сварке стыкового соединения со скосом кромок на подкладке в нижнем положении

Второй, третий и последующие проходы могут производиться при повышенных значениях сварочного тока. Перемещение вдоль оси стыка не должно быть слишком быстрым, иначе поверхность шва будет неровной, с крупными чешуйками, могут появиться поры. Поперечные перемещения электрода должны ограничиваться требуемой шириной шва, что обеспечит исключение подрезов. Во время сварки необходимо контролировать длину дуги, тщательно удалять шлак с наложенных слоев, следить за тем, чтобы наложенный сварной шов имел сплавление с предыдущими слоями и со свариваемыми кромками. При наложении последнего слоя кромки разделки не используются в качестве показателя при определении требуемой ширины шва.

Сварка стыкового соединения со скосом кромок в нижнем положении. Данный вид соединения часто встречается при сварке трубопроводов, а также при сварке ответственных соединений. Сварка данного соединения производится на обратной полярности. Положение электрода должно соответствовать схеме, показанной на рис. 2.24.

На рисунке 2.25, а показан порядок наложения слоев (валиков) при сварке стыкового соединения со скосом кромок в нижнем положении. Первый проход предназначен для сварки корня шва и вы-



Рис. 2.24. Положение электрода при сварке стыкового соединения со скосом кромок в нижнем положении

полняется обычно электродами диаметром 3 мм. Сварка производится на короткой дуге с возвратно-поступательными движениями относительно линии сварного шва, при этом контролируют, чтобы электрод все время оставался в зазоре корневой области сварного соединения. Во время сварки нельзя допускать прерывания дуги при перемещении электрода вперед и нужно следить за тем, чтобы капли металла не падали перед швом, это может помешать проведению сварки, продвижению электрода вперед. На обратной стороне стыка должен образовываться небольшой валик. Лицевая поверхность первого прохода должна иметь минимальную выпуклость.

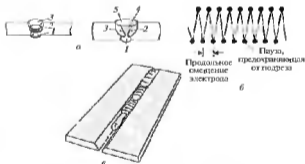


Рис. 2.25. Сварка стыкового соединения со скосом кромок в нижнем положении: *а* — порядок наложения слоев, *б* — траектория движения электрода при выполнении последнего прохода; *в* — сварное соединение, 1—5 — номера слоев

Второй и последующие проходы производятся при повышенных значениях сварочного тока и электродами большего диаметра.

Наплавка производится с поперечными колебаниями электрода, при этом важно обеспечить постоянство и равномерность колебаний и перемещения электрода вдоль оси шва, в противном случае полученный сварной шов будет не однороден по качеству и внешнему виду. Во время сварки необходимо избегать появления подрезов (рис. 2.25, б). Необходимо обеспечить сплавление с ранее наплавленными слоями, а также с боковыми кромками разделки свариваемого изделия. Лицевая сторона второго и последующих слоев должна иметь плоскую поверхность. Необходимо тщательно очищать каждый слой от шлака по всей его длине.

Заключительный проход выполняется тем же типом электрода, что и все предыдущие проходы. Техника выполнения такая же, что при выполнении второго и последующих проходов, за исключением того, что при последнем проходе амплитуда поперечных колебаний электрода будет больше. Контроль за шириной облицовочного шва осуществляется по скошенным кромкам стыкового соединения. Поверхность облицовочного шва должна быть слегка выпуклой.

Сварка нахлесточного соединения в нижнем положении. Данный тип соединения широко используется в промышленности, в частности в резервуарах, строительных и судовых конструкциях. Нахлесточное соединение не требует каких-либо значительных затрат на подготовку и сборку. Максимальная прочность нахлесточного соединения достигается при его двухсторонней сварке угловым швом. Сварка данного соединения производится как на прямой, так и на обратной полярности (рис. 2.26), при этом сварочный ток должен быть не слишком большим.

Сварка нахлесточного соединения в нижнем положении на прямой полярности осуществляется короткой дугой, а на обратной полярности — еще более короткой дугой. Дуга ориентируется в направлении корня соединения и горизонтальной поверхности пластины. Во время сварки необходимо совершать относительно оси сварного шва небольшие возвратно-поступательные колебания электрода. Это обеспечивает предварительный подогрев соединения перед движущейся сварочной дугой, создание выпуклости и покрытие шлаковой коркой мостовой части сварочной ванны.

При сварке на прямой полярности верхняя кромка верхней пластины имеет тенденцию к прожогу, поэтому при сварке следует постоянно опасаться как незаполнения наплавленного валика, так и того, что сварочная дуга недостаточно коротка. Подрезы появляются очень редко.

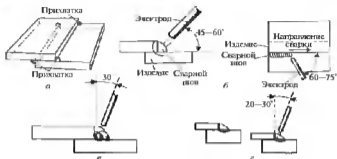


Рис. 2.26. Сварка нахлесточного соединения в нижнем положении: *а* — подготовка соединения к сварке, *б* — положение электрода при сварке односторонним швом равных толщин, *в* — положение электрода при втором и третьем проходе при выполнении двустороннего шва, *г* — положение электрода при сварке разных толщин

При сварке на обратной полярности необходимо поддержание более короткой дуги, а также устранение возможного подреза, как на плоской поверхности пластины, так и вдоль верхней кромки верхней пластины. Для устранения подрезов перемещение дуги должно быть ограничено размерами сварного шва.

При сварке данного соединения сварочный ток должен быть не слишком большим. Электрод необходимо направлять в корень шва (рис. 2.27). Сварку лучше всего производить с небольшими возвратно-поступательными перемещениями электрода в направлении оси сварного шва, можно также применять незначительные поперечные колебания электрода. Металл сварочной ванны не должен быть перегретым, ибо это приводит к появлению трещин в металле сварного шва.

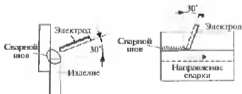


Рис. 2.27. Положение электрода при сварке нахлесточного соединения в горизонтальном положении

Сварка таврового соединения в нижнем положении. Технология сварки может включать как однопроходную, так и многопроходную сварку всеми типами электродов. При сварке таврового соединения в нижнем положении на прямой полярности сварочный ток должен быть достаточным для получения большой сварочной ванны. При сварке на обратной полярности сварочный ток должен быть несколько меньше. Положение электрода при сварке на прямой полярности должно соответствовать рис. 2.28, *а*, на обратной полярности — рис. 2.28, *б*.

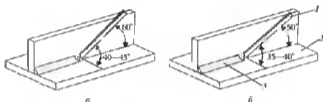


Рис. 2.28. Положение электрода при сварке таврового соединения в нижнем положении:
а — на прямой полярности, *б* — на обратной полярности
1 — электрод, *2* — изделие, *3* — шов

Электрод должен быть направлен в корень сварного соединения. При сварке на обратной полярности длина дуги должна быть меньше, чем при сварке на прямой полярности. Перемещение электрода должно производиться равномерно на всем протяжении стыка. При сварке на прямой полярности подрезы никогда не являются проблемой. Сварка на обратной полярности требует обеспечения повышенных мер по исключению подрезов.

Сварка таврового соединения в нижнем положении многопроходным швом. Крупные угловые швы очень часто выполняются путем многократного наложения узких валиков без поперечных колебаний электрода. В большинстве случаев облицовочный слой или расчехленный валик выполняются без поперечных колебаний электрода. Сварка может выполняться как на прямой, так и на обратной полярности сварочного тока.

При выполнении таврового соединения значение сварочного тока устанавливается таким же, как и при сварке узким однопроходным швом. Положение электрода будет изменяться в зависимости от последовательности наложения слоев (рис. 2.29, *а*). Перемещение электрода аналогично перемещению при сварке однопроходным швом. Расположение или раскладка валиков по сторонам должны произво-

даться таким образом, чтобы облицовочный слой точно соответствовал заданному размеру катета углового шва. Порядок наложения слоев показан на рис. 2.29, б.



Рис. 2.29. Положение электрода при сварке таврового соединения многопроходным швом в нижнем положении (а) и порядок наложения слоев (б): 1—6 — очередность наложения слоев

Положение электрода при выполнении облицовочного шва должно соответствовать схеме, представленной на рис. 2.30, а. Чешуйки укладываются в диагональной плоскости. Наложение капель металла производится только при движении электрода вниз. Перемещение электрода вверх должно производиться быстро, на максимально растянутой дуге, но без ее обрыва. Необходимо помнить, что при многопроходной сварке требуется тщательная очистка от шлаковой корки каждого наложенного слоя.

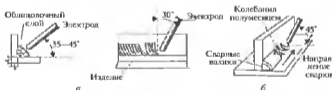


Рис. 2.30. Положение электрода при выполнении облицовочного слоя (а) и траектория колебательных движений электрода (б)

При сварке на обратной полярности могут возникнуть затруднения, связанные с появлением подрезов. Избавиться от этих проблем можно всеми ранее описанными способами.

Сварка таврового соединения в нижнем положении многопроходным швом с применением поперечных колебаний электрода. На практике довольно часто встречаются случаи, когда необходимо производить

сварку угловых швов большого сечения в нижнем положении. Наиболее часто такие швы встречаются при судостроительных и монтажных работах.

Сварка данного типа соединения производится на обратной полярности на большом значении сварочного тока (рис. 2.31). Первый проход выполняется по технике однопроходной сварки угловых швов. Поверхность первого валика должна быть максимально плоской.



Рис. 2.31. Положение электрода при сварке таврового соединения многопроходным швом в нижнем положении с применением поперечных колебаний электрода

Второй шов накладывается с поперечными колебаниями электрода поверх первого. Электрод должен направляться на вертикальную пластину, чтобы обеспечить перенос металла с электрода на эту поверхность. Поперечные колебания электрода не должны выходить за пределы требуемой ширины выполняемого шва. Необходимо обеспечить хорошее сплавление накладываемых швов с поверхностью ранее наплавленных слоев и с поверхностью свариваемой пластины.

Сварка стыкового соединения со скосом кромок на подкладке в горизонтальном положении. Данное соединение, а также пространственное положение, в котором оно находится, очень часто встречается при сварке труб, резервуаров, а также при судостроительных работах.

Сварка производится на обратной полярности как узкими валиками без поперечных колебаний, так и с поперечными колебаниями электрода. Первый проход выполняется на повышенных значениях сварочного тока без поперечных колебаний электрода (рис. 2.32). При сварке необходимо обеспечить гарантированное сплавление с подкладкой, а также с кромками корневой части соединения.

Второй и все последующие проходы могут выполняться с большими значениями сварочного тока. Положение электрода при сварке узкими валиками без поперечных колебаний электрода должно соответствовать схеме, представленной на рис. 2.33. Необходимо, чтобы

все швы имели хорошее сплавление с поверхностью ранее наложенных слоев, а также с поверхностью кромок разделки. Следует избегать появления подрезов.

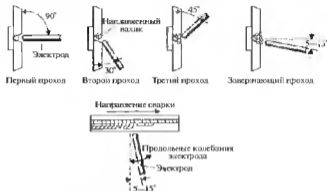


Рис. 2.32. Положение электрода при сварке стыкового соединения со скосом кромок на подкладке в горизонтальном положении



Рис. 2.33. Положение электрода при сварке стыкового соединения со скосом кромок в горизонтальном положении узкими валиками без поперечных колебаний электрода

Сварка стыкового соединения со скосом кромок в горизонтальном положении. Данное соединение, а также пространственное положение, в котором оно находится, очень часто встречается при сварке труб, а также ответственных стыковых соединений. При выполнении некоторых работ иногда предъявляются требования, чтобы швы выполнялись с поперечными колебаниями электрода. В большинстве случаев применяется сварка узкими валиками без поперечных колебаний электрода.

Сварка производится на **обратной полярности**. Сварочный ток при первом проходе имеет небольшую величину. Положение электрода при сварке узкими валиками без поперечных колебаний показано на рис. 2.33, а при сварке с поперечными колебаниями — на рис. 2.34, а.

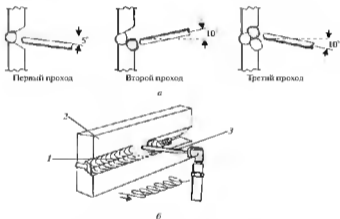


Рис. 2.34. Положение электрода при сварке стыкового соединения со скосом кромок в горизонтальном положении:

а — сварка с поперечными колебаниями электрода; *б* — пример поперечных движений торца электрода: 1 — электрод; 2 — изделие; 3 — шов

При сварке необходимо поддерживать короткий дуговой промежуток, заставляя электродный металл наплавляться непосредственно в зазоре корневой части соединения. При сварке можно использовать возвратно-поступательные перемещения электрода. При перемещениях вперед нельзя, чтобы сварочная дуга обрывалась. Необходимо во время таких перемещений обеспечить предварительный подогрев металла перед наплавляемым швом. Одновременно контролировать,

чтобы расплавленный металл сварочной ванны достаточно быстро застывал и не стекал на нижнюю пластину. На обратной стороне соединения должно быть полное проплавление.

Для второго и последующих проходов сварочный ток может быть значительно увеличен. Можно использовать сварку узкими валиками, без поперечных колебаний, можно также использовать сварку с поперечными колебаниями электрода (рис. 2.34, б). Требуется обеспечить гарантированное сплавление всех проходов с поверхностью всех предшествующих проходов, а также с поверхностями свариваемых пластин. Во время сварки необходимо избегать появления подрезов.

Сварка стыкового соединения со скосом одной кромки в горизонтальном положении. Наиболее часто при выполнении стыковых соединений в горизонтальном положении скашивают кромку только у верхнего листа. Дугу возбуждают на горизонтальной кромке нижнего листа, перемещают затем на скошенную кромку верхнего листа. Техника сварки ничем не отличается от описанной выше, за исключением последовательности наложения слоев (рис. 2.35).

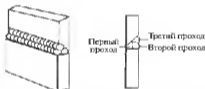


Рис. 2.35. Порядок наложения слоев при сварке стыкового соединения со скосом одной кромки в горизонтальном положении

Сварка нахлесточного соединения в вертикальном положении снизу вверх. При выполнении ответственных сварочных работ с использованием нахлесточных соединений, находящихся в вертикальном положении, как правило, сварку производят снизу вверх. Такая сварка имеет место при выполнении сварочных работ в судостроении, при изготовлении сосудов высокого давления, а также при изготовлении металлоконструкций.

При сварке небольших толщин, а также для выполнения первых проходов в многопроходных сварных швах, выполняемых при сварке нахлесточных соединений, применяются однопроходные условные швы. При выполнении данных швов необходимо установить небольшое значение сварочного тока. Положение электрода при сварке показано на рис. 2.36.

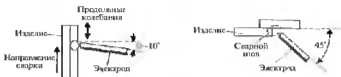


Рис. 2.36. Положение электрода при сварке нахлесточного соединения в вертикальном положении снизу вверх

На нижней части соединения образуется полка из наплавленного металла, имеющая размеры, соответствующие размерам сварного шва. Следует применять возвратно-поступательные перемещения электрода. При переносе электродного металла следует поддерживать короткую дугу, при переходе вверх дугу следует растянуть, не допуская при этом ее обрыва. Когда электрод находится над сварочной ванной, можно производить небольшие поперечные перемещения электрода. Это способствует лучшему формированию сварного шва. Во время сварки необходимо следить за тем, чтобы перемещения электрода всегда сохранялись в пределах ширины шва таким образом, чтобы кромка верхней пластины не прожигалась, а на плоской поверхности пластины не появлялись подрезы.

Для выполнения сварных швов нахлесточных соединений большой толщины применяется многопроходная или однопроходная сварка с поперечными перемещениями электрода. При многопроходной сварке первый проход выполняется узким валиком без поперечных перемещений электрода. При выполнении второго прохода сварочный ток должен быть достаточным для обеспечения гарантированного проплавления в корневой части соединения и сплавления с кромками. Положение электрода и траектория движения электрода представлены на рис. 2.37, а. При этом, сохраняя электрод над поверхностью сварочной ванны, нужно перемещать ее вверх, одновременно сдвигая в стороны, поочередно то влево, то вправо.

Равномерные перемещения сварочной ванны, выполняемые во время сварки, позволяют получить ровную, с малой выуклостью поверхность шва. Кратковременные остановки в крайних точках поперечных колебаний предотвращают появление подрезов, но при этом надо избегать прожога кромки верхней пластины.

Сварку нахлесточного соединения можно производить также однопроходным угловым швом с поперечными колебаниями электрода. Положение электрода и траектория движения электрода показаны

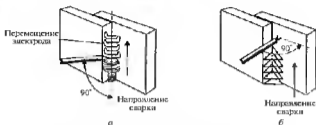


Рис. 2.37. Положение электрода при сварке наклонного соединения в вертикальном положении снизу вверх многопроходным угловым швом (а) и однопроходным угловым швом с поперечным перемещением электрода (б)

на рис. 2.37, б. Техника сварки аналогична выполнению второго прохода при многопроходной сварке. Отличие заключается в том, что электрод необходимо располагать под большим углом к нижней пластине и задержки перемещения выполнять только на нижней пластине.

Сварка таврового соединения в вертикальном положении однопроходным угловым швом. Сварка вертикальных стыков чаще всего производится снизу вверх, хотя встречаются и случаи, когда необходимо выполнять сварку сверху вниз. Выбор количества проходов определяется назначением данного соединения, а также толщиной свариваемых пластин.

При выполнении сварки таврового соединения в вертикальном положении однопроходным угловым швом без поперечных перемещений электрода сварочный ток должен быть достаточно большим, чтобы обеспечить стабильное проплавление в корневой части соединения, а также с поверхностями пластин. Положение электрода должно соответствовать рис. 2.38.

Сварка производится на обратной полярности с колебаниями электрода вверх-вниз. В момент переноса электродного металла необходимо поддерживать короткую дугу, при перемещении электрода вверх дугу следует растянуть, однако при этом не допускать обрыва дуги. Необходимо периодически производить отвод электрода от сварочной ванны для предотвращения перегрева свариваемого металла и последующего его растрескивания, а также вытекания сварочной ванны. Вместе с тем необходимо удерживать сварочную ванну на одном месте вплоть до момента, пока не будет достигнуто требуемое проплавление, сплавление со свариваемыми крошками и образование шва необходимого профиля без подрезов.

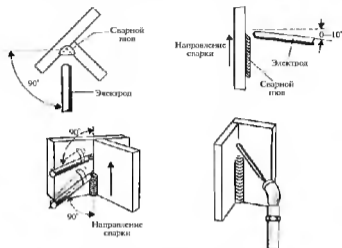


Рис. 2.38. Положение электрода при сварке таврового соединения в вертикальном положении однопроходным угловым швом

Сварку таврового соединения в вертикальном положении можно производить однопроходным угловым швом с поперечными колебаниями электрода. Положение электрода и траектория движения электрода представлены на рис. 2.39. Техника сварки аналогична выполнению второго прохода при многопроходной сварке.

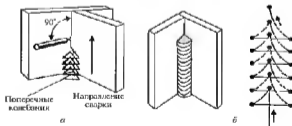


Рис. 2.39. Положение электрода при сварке таврового соединения в вертикальном положении однопроходным угловым швом с поперечными перемещениями электрода (а) и траектория движения электрода (б)

Сварка таврового соединения в вертикальном положении многопроходным **угловым швом**. Сварка данного соединения производится снизу вверх, обычно на обратной полярности, но иногда для этих целей используется и прямая полярность. Сварной шов можно выполнять узкими валиками, без поперечных колебаний (рис. 2.40, а), но значительно чаще выполняется с поперечными перемещениями электрода (рис. 2.40, б).

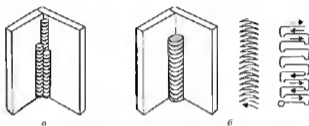


Рис. 2.40. Многопроходный шов, выполняемый узкими валиками без поперечных колебаний электрода (а) и с поперечными колебаниями (б)

При сварке многопроходного шва с поперечными колебаниями первый проход аналогичен выполнению однопроходного шва и выполняется без поперечных перемещений электрода или в некоторых случаях с небольшими поперечными колебаниями (рис. 2.40, б). Положение электрода при втором проходе показано на рис. 2.41. Сварочный ток должен быть достаточным для обеспечения гарантированного проплавления в корневой части соединения и сплавления с кромками.



Рис. 2.41. Положение электрода при сварке таврового соединения в вертикальном положении многопроходным угловым швом

Во время сварки необходимо сохранять электрод над поверхностью сварочной ванны, перемещать сварочную ванну вверх, одновременно сдвигая ее в стороны, поочередно то влево, то вправо. Равномерные перемещения сварочной ванны, выполняемые во время сварки, по-

звояют получить ровную, с малой выпуклостью поверхность шва, а кратковременные остановки электрода в крайних точках поперечных перемещений предотвратят появление подрезов. Во время сварки необходимо поддерживать короткую дугу, но избегать контакта электрода с расплавленным металлом сварочной ванны.

При использовании электрода большого диаметра необходимо увеличить сварочный ток. Положение электрода при сварке третьего прохода аналогично положению электрода при выполнении второго прохода. При применении электрода большого диаметра и увеличении сварочного тока желательно ускорять перемещение электрода вверх для достижения сварочной ванный крайней точки траектории поперечных колебаний. При этом необходимо обращать внимание на продолжение горения дуги во время всех этих перемещений. При перемещении дуги вверх дугу необходимо растягивать. После достаточного охлаждения сварочной ванны электрод возвращается к кратеру и производится наплавка дополнительного металла.

Во время сварки необходимо поддерживать постоянство ширины траектории поперечных колебаний, следить за тем, чтобы она не превышала ширину валика шва.

Сварка стыкового соединения со скосом кромок на подкладке в вертикальном положении. Данный тип соединения довольно часто встречается при строительстве трубопроводов, сосудов высокого давления, а также в судовых конструкциях. Сварка производится на обратной полярности снизу вверх.

При первом проходе сварочный ток должен быть большим. Положение электрода должно соответствовать рис. 2.42. Используется техника наплавки узких валиков без поперечных колебаний в вертикальном положении. Шов должен обладать хорошим сплавлением с подкладкой и с поверхностями обеих кромок в своей корневой части

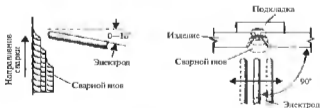


Рис. 2.42. Положение электрода при сварке стыкового соединения со скосом кромок на подкладке в вертикальном положении

При сварке необходимо следить за тем, чтобы лицевая поверхность шва была максимально плоской. Если в сварном соединении зазор в корне очень широк, то необходимо сделать два или три прохода, чтобы выполнить подварочный шов. В процессе сварки необходимо обращать внимание на то, чтобы все наложенные слои имели хорошее сплавление друг с другом.

При выполнении второго прохода сварочный ток не должен быть слишком велик. Используется техника сварки с поперечными колебаниями электрода. В качестве реперов, по которым можно определять ширину этих поперечных колебаний, используются кромки ранее наплавленных валиков. При выполнении сварки необходимо следить за тем, чтобы поверхность сварного шва была плоской, избегать появления подрезов. Сварной шов не должен образовывать острые кромки, поскольку в таких кромок могут образовываться зашлаковки.

Величина сварочного тока при третьем проходе должна обеспечивать как хорошее проплавление и сплавление, так и малую выпуклость шва. Поперечные колебания электрода не должны выходить за пределы скошенных кромок разделки. Во избежание появления подрезов необходима задержка электрода в крайних точках траектории поперечных колебаний. Для предотвращения появления излишней выпуклости сварного шва скорость сварки должна быть достаточно высокой.

Сварка стыкового соединения без скоса кромок в вертикальном положении. Сварка данного соединения производится снизу вверх на обратной полярности многопроходным швом. Техника сварки корневого прохода с большим зазором в стыковом соединении без скоса кромок достаточно сложна.

Сварочный ток при выполнении первого прохода должен быть не слишком большим, но вместе с тем достаточным для гарантированного проплавления корневой части соединения и образования на обратной стороне стыка достаточной выпуклости. Положение электрода показано на рис. 2.43. Для сварки первого прохода используется техника сварки узкими валиками без поперечных колебаний электрода. Необходимо добиваться получения на обратной стороне соединения шва с небольшой выпуклостью.

Значение сварочного тока и положение электрода при втором проходе практически не отличаются от аналогичных показателей при сварке первого прохода. Не допускается производить поперечные колебания со слишком большой амплитудой. Скорость перемещения электрода должна быть такой, чтобы не возникала избыточная выпуклость шва и не образовывались подрезы.

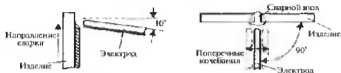


Рис. 2.43. Положение электрода при сварке стыкового соединения без скоса кромок в вертикальном положении

Сварка соединения с наружным угловым швом. Сварка производится на обратной полярности снизу вверх с использованием техники поперечных колебаний электрода; кроме этого благодаря тому, что свариваемые кромки не скошены, в данном случае достаточно неглубокое проплавление.

При первом проходе сварочный ток не должен быть большим. Положение электрода должно быть таким, как показано на рис. 2.44. Применяется техника выполнения корневого прохода с позитивно-поступательными перемещениями электрода.

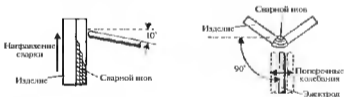


Рис. 2.44. Положение электрода при сварке соединения с наружным угловым швом в вертикальном положении

Второй и третий проходы выполняются на сварочном токе, увеличенном по сравнению с первым проходом. Во время сварки необходимо следить за обеспечением хорошего сплавления с ранее наплавленными слоями, а также со свариваемыми кромками основного металла, обращать внимание на возможность появления подрезов. Лицевая поверхность швов должна быть плоской.

Значение сварочного тока и положение электрода при четвертом проходе аналогичны использованным при сварке предыдущих проходов. При сварке используют технику поперечных колебаний электрода. Лицевая поверхность шва должна иметь небольшую выпуклость. В качестве границы шва использовать кромки пластин.

Сварка стыкового соединения со скосом кромок. Данные сварные соединения очень часто применяются при сварке. Сварка производится на обратной полярности снизу вверх многопроходным швом с поперечными колебаниями электрода.

При первом проходе сварочный ток должен быть достаточно большим. Положение электрода показано на рис. 2.45, а. Используется техника сварки корневого шва, при которой применяются колебания электрода вверх-вниз. Допускается выполнять сварку с небольшими поперечными перемещениями электрода (рис. 2.45, б). Перемещения электрода вверх должны производиться на расстояние, не превышающее 50 мм. Требуется контролировать, чтобы при этих перемещениях не происходил обрыв дуги. Необходимо обеспечить полное проплавление по всей обратной стороне соединения. Лицевая поверхность шва должна быть максимально плоской.

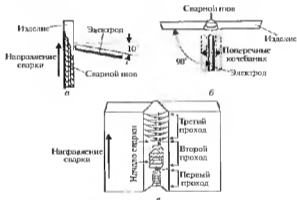


Рис. 2.45. Положение электрода при сварке стыкового соединения со скосом кромок в вертикальном положении (а), поперечные колебания (б) и траектория движения электрода (в)

Для второго и третьего проходов сварочный ток может быть увеличен. Положение электрода аналогично сварке первого прохода. Используется техника сварки с поперечными колебаниями электрода. На рисунке 2.45, в показана траектория движения электрода. Для получения однородного по качеству и внешнему виду сварного шва следует поддерживать постоянство продольных и поперечных перемещений электрода.

Поперечные перемещения электрода должны производиться быстро, чтобы предотвратить появление избыточной выпуклости в центральной части сварного шва. На протяжении всего времени сварки необходимо поддерживать короткую дугу, а перемещения электрода ограничивать в пределах ширины сварного шва. Для предотвращения появления подрезов применяются остановки электрода в крайних точках траектории их перемещения.

В некоторых случаях сварку стыкового соединения со скосом кромок можно производить сверху вниз (рис. 2.46, а) или однопроходным швом с поперечными колебаниями (рис. 2.46, б). Техника выполнения однопроходным швом аналогична выполнению второго и третьего прохода при многопроходной сварке.

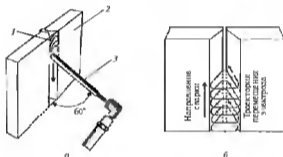


Рис. 2.46. Сварка стыкового соединения со скосом кромок сверху вниз (а) и траектория перемещения электрода при однопроходной сварке с поперечными колебаниями (б):
1 — шов; 2 — изделие; 3 — электрод

Сварка таврового соединения в потолочном положении однопроходным угловым швом. Данное сварное соединение и положение при сварке часто встречается в судостроении и при изготовлении металлоконструкций.

Сварка таврового соединения в потолочном положении однопроходным угловым швом производится на обратной полярности, при этом сварочный ток не должен быть слишком большим по величине. Положение электрода показано на рис. 2.47. Во время сварки используются возвратно-поступательные перемещения электрода. При наплавке металла необходимо поддерживать короткую дугу. При перемещении вперед дуга не должна обрываться.



Рис. 2.47. Положение электрода при сварке таврового соединения в потолочном положении однопроходным угловым швом

Во время сварки нужно уделять особое внимание обеспечению хорошего сплавления и проплавления в корневой части соединения, а также с боковыми кромками. Нельзя допускать стекания шлака в головную часть сварочной ванны, для предотвращения появления избыточной высоты и выпуклости старного шва не допускается перегрев сварочной ванны.

Сварка таврового соединения в потолочном положении многопроходным угловым швом. При сварке угловым швом в потолочном положении больше чем за один проход применяется техника сварки без поперечных колебаний электрода. Сварку выполняют на обратной полярности, при этом сварочный ток не должен быть слишком большим. Положение электрода показано на рис. 2.48, а.



Рис. 2.48. Положение электрода при сварке таврового соединения в потолочном положении многопроходным угловым швом (а) и порядок наложения слоев (б). 1-7 — очередность наложения слоев

Последовательность наложения слоев приведена на рис. 2.48, б. Каждый проход должен иметь хорошее сплавление со смежными валиками и с поверхностью свариваемых кромок. Лицевая поверхность каждого прохода должна быть максимально плоской.

Сварка шпалесточного соединения однопроходным угловым швом в потолочном положении. Данное сварное соединение и положение

ние при сварке очень часто встречаются при сооружении резервуара и в судостроении. Из-за размеров и характерных особенностей этих объектов их катковка для проведения сварки не целесообразна. Большинство подобных работ выполняется на обратной полярности, однако имеются также случаи, когда необходимо сваривать нахлесточное соединение в потолочном положении и на прямой полярности.

Величина сварочного тока при сварке на обратной полярности не должна быть меньше, чем при сварке на прямой полярности. Положение электрода показано на рис. 2.49.

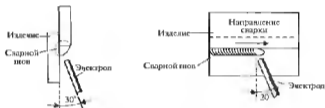


Рис. 2.49. Положение электрода при сварке нахлесточного соединения однопроходным угловым швом в потолочном положении

При сварке можно применять колебания перемещения электрода в направлении сварки. При перемещении электрода вперед необходимо следить, чтобы не произошло обрыва сварочной дуги. Такие перемещения электрода служат для предварительного подогрева кромок перед наплавкой на них электродного металла и способствуют предотвращению перегрева сварочной ванны. Такие перемещения электрода и сварочной дуги вызывают оттеснение шлака в хвостовую часть сварочной ванны. Не допускается выход сварочной дуги на поверхность верхней пластины и за границы наружной поверхности сварного шва.

При сварке на прямой полярности сварной шов имеет тенденцию к образованию избыточной выпуклости.

Сварка таврового соединения многопроходным угловым швом с поперечными колебаниями в потолочном положении. При выполнении первого прохода сварочный ток должен быть достаточно большим. Положение электрода показано на рис. 2.50, а. Длина сварочной дуги должна быть небольшой, при сварке необходимо использовать поперечные колебания электрода (рис. 2.50, б). Перемещения электрода должны производиться быстрыми скользящими движениями; в то же время необходимо следить за тем, чтобы при этом не происходило значительного увеличения длины дуги.

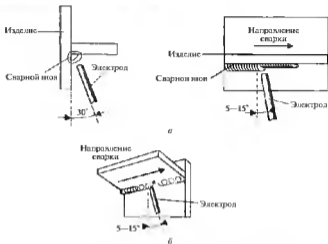


Рис. 2.50. Положение электрода при сварке таврового соединения многопроходным угловым швом с поперечными колебаниями в потолочном положении (а) и траектория движения электрода (б)

Во время проведения сварки нужно обращать внимание на поддержание стабильного горения сварочной дуги, не допускать ее обрыва. После кристаллизации кратера подвести к нему электрод и переварить кратер. Это способствует предотвращению перегрева сварочной ванны и появлению трещин в металле сварного шва. Происходит предварительный подогрев корневой части сварного шва до того, как на него будет наплавлен электродный металл. Кроме того, такая техника сварки приводит к отгеснению шлака в верхнюю часть наплавленного металла. Улучшается возможность для контроля за наплавленным металлом и сварочной дугой, предотвращается появление подрезов, наплывов и избыточной выпуклости сварного шва, улучшается внешний вид поверхности сварного шва, она становится более однородной.

Второй проход выполняется так же, как и первый, с тем только отличием, что за второй проход наплавляется большее количество электродного металла. Выполнение второго прохода, как правило, вызывает бо^ольшие сложности, чем первого.

Сварка стыкового соединения со скосом кромок на подкладке многопроходным швом в потолочном положении. Данный тип сварного соеди-

нения и условия проведения сварки часто встречаются при сварке труб и резервуаров, когда сварка выполняется на кольцевых подкладках.

Сварка производится на обратной полярности. Сварочный ток должен быть достаточно большим. Положение электрода показано на рис. 2.51. Для обеспечения хорошего переноса металла необходимо поддержание короткой дуги. Перемещения электрода должны носить скользящий характер. Необходимо обращать внимание на обеспечение гарантированного сплавления в области подкладки и между кромками в корневой части соединения. Лицевая поверхность сварного шва по возможности должна иметь минимальную выпуклость.

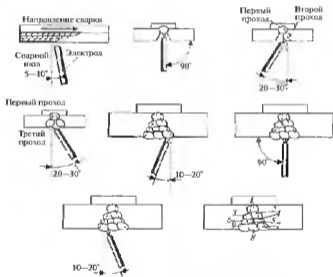


Рис. 2.51. Положение электрода при сварке стыкового соединения со скосом кромок на подкладке многопроходным швом в патоложном положении и порядок наложения слоев

Второй и последующие проходы производятся с использованием техники скользящих перемещений электрода, без поперечных его перемещений. Если металл начинает перегреваться, необходимо уд-

линить дугу и переместить электрод вперед, пока кратер с перегретой сварочной ванной не остынет.

Необходимо обеспечить гарантированное сплавление как с поверхностями ранее наплавленных валиков, так и со стенками разделки. Следует обращать внимание на необходимость очистки от шлака поверхности шва после каждого прохода.

Сварка стыкового соединения со скосом кромок многопроходным швом в потолочном положении. Данный тип сварного соединения и условия, в которых она выполняется, часто встречается при сварке труб и металлоконструкций из листового проката.

Сварка стыкового соединения со скосом кромок многопроходным швом производится на обратной полярности с поперечными колебаниями электрода. Сварочный ток при первом проходе не должен быть слишком большим, но при этом должен обеспечивать гарантированное проплавление с обратной стороны. Положение электрода показано на рис. 2.52. Выполнение первого, корневых, прохода аналогично сварке первого прохода в ранее рассмотренных соединениях. Лицевая поверхность сварного шва должна быть плоской. С обратной стороны должен образовываться небольшой валик.

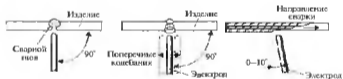


Рис. 2.52. Положение электрода при сварке стыкового соединения со скосом кромок многопроходным швом в потолочном положении

При второй и последующих проходах сварочный ток должен быть несколько больше, чем при первом проходе. Применяется техника сварки с поперечными колебаниями электрода. Перемещения электрода в поперечном направлении должны производиться быстрыми движениями, с тем чтобы в центральной части сварного шва не получалась слишком большая выпуклость. Кроме того, траектория поперечных перемещений электрода не должна выходить за пределы ширины сварного шва. Для предотвращения появления подрезов используется задержка электрода в крайних точках траектории поперечных колебаний.

2.6. Особенности сварки тонкостенных стальных деталей

Основная трудность дуговой сварки стальных листов и деталей толщиной 3–6 мм — правильное формирование обратной стороны шва. При недостаточном подводе тепла дуги к месту сварки получается непровар сечения, а чрезмерный подвод теплоты вызывает полное проплавление, и расплавленный металл вытекает из объема шва, образуя с обратной стороны отверстия (прожог) или натеки. Получать полное проплавление толщины сечения без натеков или прожогов очень трудно. Во время сварки обратная сторона шва не видна и часто образуется непровар. Оставшийся в результате непровара зазор становится центром концентрации напряжений, и сварной шов быстро разрушается, особенно при переменных или ударных нагрузках.

Традиционный способ устранения непровара — подварка шва с обратной стороны. Но часто подварку трудно выполнить, так как обратная сторона шва бывает малодоступна (потолочное положение) или совсем недоступна (сварка труб встык и т.п.); кроме того, подварка значительно увеличивает трудоемкость работ (на 30–40%).

Сварку таких деталей выполняют на постоянном токе 140–160 А прямой полярности электродами диаметром 3–4 мм. Чтобы избежать непроваров, прожогов или натеков, рекомендуется применять подкладки, плотно прикладываемые к обратной стороне шва. Съёмные подкладки изготавливают из меди. Так как медь — высокотеплопроводный металл, то при соприкосновении с расплавленным металлом подкладки не оплавляются и после окончания сварки легко удаляются. Там, где возможно, применяют несъёмные подкладки из стальной полосы толщиной 3–4 мм и шириной 30–50 мм. Они остаются приваренными к обратной стороне шва. Применение подкладок значительно повышает производительность сварки, так как можно не опасаться прожогов, работать на повышенных режимах.



Рис. 2.53. Сварка тонких листов с отгибами кромок:
а — отгиб на 90°, б — отгиб на 180°

Особую трудность для электродуговой сварки представляют стали толщиной менее 3 мм. Листы такой толщины сваривают без зазора в стыке или чаще всего с отбортовкой кромок. Кромки листа отгибают на угол 90° (рис. 2.53, а). Получить хороший шов с такой отбортовкой затруднительно, так как возможен неравномерный провар кромок, поэтому кромки отгибают на 180° (рис. 2.53, б). Это дает возможность эффективнее применять электроды с качественным покрытием и получить хороший ровный шов.

2.7. Ручная дуговая сварка оцинкованного металла

Один из эффективных способов защиты стали от коррозии — *цинкование* — используется при изготовлении гидротехнических сооружений, строительных конструкций, труб. Для нанесения слоя цинка на металл используются: горячее цинкование, гальванический метод и напыление. Толщина слоя цинка может составлять от 3 до 150 мкм.

Во время сварки цинк интенсивно испаряется, поскольку его температура кипения составляет 906°C . При дуговых способах сварки оцинкованной стали особое внимание должно быть уделено технике безопасности, так как выделяющиеся пары цинка, интенсивно загрязняющие воздух в рабочей зоне, могут привести к удушью, вызвать «цинковую лихорадку». Поэтому рабочее место сварщика должно быть оборудовано местной вентиляцией, а помещение, где выполняются сварочные работы, — устройствами эффективной общеобменной вентиляции.

Интенсивно испаряясь при сварке, цинк попадает в сварочную ванну и способствует образованию пор и кристаллизационных трещин в шве. Наиболее эффективным технологическим приемом, предупреждающим образование дефектов в швах, является удаление слоя цинка с участков металла под сварку механическим (щетками, абразивным кругом) или термическим (газовой горелкой) способом. Возможно удаление слоя цинка и химическим способом — за счет обработки металла кислотой с последующей ее нейтрализацией щелочью, промывкой водой и сушкой. В ряде случаев при сварке изделий из оцинкованной стали удаление цинка не представляется возможным и приходится применять технологические приемы, обеспечивающие получение качественных швов. При ручной дуговой сварке оцинкованной стали большое значение имеет правильный выбор электрода. Для сварки низкоуглеродистых сталей рекомендуется использовать электроды с рутиловым покрытием (например, АНО-4, МР-3, ОЗС-4),

а для сварки низколегированных сталей — электроды с покрытием основного вида (например, УОНИ-13/45, УОНИ-13/55, ДСК-50). Чтобы предотвратить появление пор при сварке стыковых и угловых швов, необходимо увеличить ток сварки на 10—15 А и зазор между свариваемыми кромками в 1,5—2 раза, снизить скорость сварки на 10—20%. Следует отметить, что указанные мероприятия позволяют предупредить образование пор в шве при толщине слоя цинка не более 15 мкм. При толщине слоя цинка от 15 до 40 мкм следует применять специальную технику сварки, когда электродом совершают возвратно-поступательное движение, обеспечивающее предварительное выгорание цинка. При сварке стали с толщиной слоя цинка более 40 мкм получение бездефектного шва возможно только после полного удаления цинка. Цинк не влияет на механические свойства бездефектных швов лишь при положительных температурах эксплуатации конструкции.

2.8. Заварка трещин и отверстий

Заварка трещин. Заварка (ремонт) трещин без соответствующей подготовки может вызвать их мгновенное распространение даже при незначительных нагрузках.

Перед разделкой необходимо тщательно осмотреть трещину, точно определить ее концы (границы трещины хорошо проявляются при нагреве их газовой горелкой до температуры 100—150 °С), накернить их, затем засверлить сверлом диаметром 6—10 мм, а при толщине детали более 100—125 мм — сверлом диаметром 20—25 мм. Сверление выполняют так, чтобы центр отверстия совпадал с концом трещины или был на 3—5 мм дальше трещины. Когда отверстия на концах трещины засверлить невозможно, на полностью разгруженных или сжатых элементах отверстия прожигают газокислородным пламенем, отступив от конца трещины на 50—80 мм.

Для лучшего провара отверстия в конце трещины следует раззенковать на $1/2$ — $1/3$ толщины стенки. Разделку трещин и выборку металла можно производить как механическим, так и дуговым способом — специализированными электродами марки АНР-2 без зачистки кромок разделки. Несквозные трещины необходимо разделять на глубину, превышающую глубину их залегания не менее чем на 3 мм.

При заварке зацементированных трещин (не выходящих на кромку) в конструкциях рекомендуется перед сваркой произвести подогрев газовой горелкой мест, расположенных непосредственно за концами трещин.

В отдельных случаях при высокой жесткости конструкции, большой толщине элементов, отсутствии специализированных сварочных материалов сварочные работы следует проводить, если позволяют размеры, с предварительным подогревом до температуры 200—250 °С всей детали с последующим замедленным охлаждением в песке или путем укрытия асбестовой тканью.

Если трещина имеет длину более 300 мм, ее следует заваривать обратноступенчатым способом с длиной отдельной ступени 150—200 мм (рис. 2.54). При этом каждую отдельную ступень заваривают в направлении от кромки к концу трещины. После полной заварки трещины производят подварку корня шва с обратной стороны, предварительно срезав шлифмашинкой вершину шва до полного удаления наплывов, шлака и других дефектов.



Рис. 2.54. Схема заварки трещины длиной более 300 мм:
1—6 — последовательность заварки участков

При многослойной сварке заполнение участков производят «горкой» или «каскадным способом». При заполнении участков шва «горкой» вначале наплавляют первый слой на небольшом участке, затем второй, который полностью перекрывает начало первого слоя. Затем в таком же порядке наплавляют третий и четвертый слои, образуя таким образом «горку» (рис. 2.55)



Рис. 2.55. Последовательность наложения валиков способом «горка»

Разница по ширине и высоте сварного шва в разных сечениях допускается не более 2 мм при условии плавного перехода от одного размера к другому. В случае заварки дефектного участка шва (после вырезки)

допускается разница по ширине до 4 мм относительно невырезаемого шва. При этом должен быть обеспечен плавный переход от одного размера к другому. При заварке трещины по сварному шву концы ее должны быть засперлены, а ранее наплавленный металл — полностью удален.

При заварке трещин, проходящих по заклепочным соединениям или в конструкциях, укрепленных жесткими связями, необходимо удалить по одному ряду заклепок или связей с обеих сторон трещины. После заварки трещины поставить удаленные заклепки или связи. Если трещина доходит до заклепки, то последняя также должна быть удалена перед сваркой.

Заварка и обварка отверстий. Заварку отверстий в зависимости от их диаметра и глубины можно производить путем вварки вставок, сплошной заправки и приварки накладки.

Отверстия диаметром 50 мм и более следует заваривать путем вварки конусообразной вставки (рис. 2.56), изготовленной из того же металла, что и деталь. Вставку перед вваркой необходимо прихватить в трех местах, затем обварить по периметру.

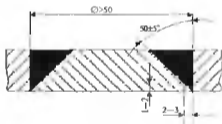


Рис. 2.56. Схема вварки конусообразной вставки в отверстие диаметром более 50 мм

Отверстия, глубина которых больше двух их диаметров, перед заваркой следует раззенковать (рис. 2.57, а) или перегородить пластиной толщиной 2—4 мм (рис. 2.57, б) из малоуглеродистой стали. Разрешается заваривать такие отверстия, применяя пробки, в последовательности, указанной на рис. 2.57, в.

Отверстия диаметром менее 15 мм перед заваркой нужно рассверлить до диаметра 18—20 мм. При наличии в завариваемом отверстии резьбы последнюю удаляют сверлом, диаметр которого на 1,5—2 мм больше наружного диаметра резьбы.

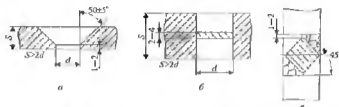


Рис. 2.57. Схема подготовки отверстия под заварку зенкованием (а); схема подготовки отверстия под заварку установкой перегородки (б); схема заварки отверстия с помощью установки пробки (е); 1—5 — последовательность наложения слоев

Перед сваркой стенки отверстия должны быть очищены от ржавчины, грязи и масла. Если отверстие не перегораживают пластиной, то его с одной стороны необходимо закрыть огнеупорной подкладкой, флюсовой подушкой и т.п.

Заварку отверстий следует производить в нижнем положении наложением круговых валиков электродом, наклоненным к стенке под углом 30—40°. Если отверстие перекрывают с одной стороны накладкой, то последнюю приваривают с двух сторон по периметру (снаружи и со стороны отверстия).

Обварку отверстий в целях уменьшения размеров по диаметру производить электродуговой сваркой в один слой по всей толщине стенки с напуском на кромки.

При вертикальном положении стенки с обвариваемым отверстием сварку целесообразней производить по окружности в два приема с движением электрода снизу вверх (рис. 2.58).

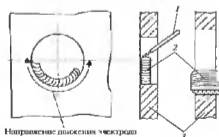


Рис. 2.58. Схемы обварки отверстия в целях уменьшения размеров: 1 — электрод, 2 — изделие, 3 — шов

2.9. Сварка с глубоким проплавлением

Значительное улучшение процесса ручной дуговой сварки дает метод сварки с глубоким проплавлением. При сварке этим методом применяются электроды с тугоплавкой обмазкой, что дает возможность плотно прижимать в процессе сварки конец электрода к изделию. На конце электрода образуется небольшой чехольчик из нерасплавившейся обмазки, внутри которого горит дуга, а электрод опирается на край этого чехольчика (рис. 2.59, а), благодаря чему предотвращается короткое замыкание.



Рис. 2.59. Сварка с глубоким проплавлением

а — схема сварки, б — поперечный разрез, в — продольный разрез, 1 — ванна; 2 — сварочная дуга; 3 — электрод, 4 — обмазка, 5 — зазор расплавленного электрода, 6 — чехольчик, 7, 10 — изделие; 8 — шлак; 9 — металл шва

Таким образом, зазор между концом электрода и изделием отсутствует. Сварочная дуга, ограниченная внешним чехлом обмазки, концентрированно передает тепло основному металлу свариваемого изделия, усиливает его расплавление и формирует шов с глубоким проваром. Благодаря глубокому провару шов образуется в значительной степени за счет расплавления металла соединяемых изделий, что позволяет уменьшить количество присадочного металла до 50%.

Короткая дуга, горящая под защитным чехлом из обмазки, имеет незначительное соприкосновение с атмосферой, что обеспечивает плотную структуру шва с минимальным количеством кислорода и азота и улучшает механические качества шва. Для сварки с глубоким проплавлением углеродистых и низколегированных конструкционных сталей общего назначения используют электроды типа ОЗС-3 с повышенной толщиной покрытия.

С возрастанием тока глубина проплавления увеличивается. Электрод должен быть наклонен под углом 70–80° к линии шва (рис. 2.59, в). Расплавленный металл вытесняется газами в сторону, противоположную направлению сварки, образуя ровный валик шва.

При сварке наклонным электродом оплавливающийся конец электрода опирается о свариваемые кромки, а сам электрод перемещается вдоль линии соединения по мере заполнения разделки кромок.

Сварка с глубоким проплавлением находит применение при сварке каркасных и строительных конструкций, тонкостенных резервуаров и других изделий из стали толщиной 4–12 мм. Стыковые, угловые и тавровые соединения сваривают этим способом без разделки кромок (рис. 2.59, б). Силу тока берут равной 40–45 А на 1 мм толщины свариваемого металла.

Сварка с глубоким проплавлением производится на повышенных силах тока (400–600 А) что, с одной стороны, обеспечивает наибольшую глубину провара, а с другой — дает возможность увеличить скорость ведения сварки и тем самым повысить производительность в 1,5–2 раза.

2.10. Сварка углеродистых, легированных и теплоустойчивых сталей

Сварка среднеуглеродистых и низколегированных сталей. Содержание углерода выше 0,2% приводит к возрастанию закалывающих свойств стали, а также к возникновению закалочных трещин и остаточных напряжений. Чтобы избежать этих дефектов, сварку выполняют с минимальным усилием, не допуская появления пор, подрезов, с плавными переходами от изделия к поверхности наплавленного слоя. Не допускается применять прихватки, которые потом полностью не завариваются, а также подваривать дефекты короткими швами менее 100 мм.

Многослойную сварку или наплавку ведут так, чтобы при наложении последующего слоя предыдущий слой не успевал охлаждаться до температуры ниже 200 °С. Сталь, легко поддающаяся закалке, перед сваркой подогревают до температуры 200–250 °С. Углеродистые и низколегированные стали сваривают и наплавляют преимущественно электродами типов Э-42 и Э-46 с рутиловым покрытием. При сварке конструкционных сталей наилучшее качество сварки дают электроды типа Э-42А с фтористокальциевыми покрытиями УОНИ-13, ОЗС-2.

Сварка среднелегированных сталей. Среднелегированные стали (ГОСТ 4543–71) обладают высоким значением временного сопротивления разрыву 600–2000 МПа (6000–20 000 кгс/см²) и высокой стойкостью против перехода в хрупкое состояние, поэтому их применяют

для конструкций, работающих при низких или высоких температурах, при ударных или знакопеременных нагрузках, в агрессивных средах и для других тяжелых условий.

Среднелегированные стали (20ХГСА, 25ХГСА, 30ХГСНА, 30ХН2МФА) чувствительны к нагреву, при сварке они могут закаливаться, перегреваясь, образовывать холодные трещины, что затрудняет их сварку. Чем выше содержание углерода и легирующих примесей и чем толще металл, тем хуже свариваемость этих сталей. Среднелегированные стали свариваются покрытием электродами с основным покрытием на постоянном токе с обратной полярностью. Швы выполняются многослойные каскадным и блочным способами.

Технология сварки должна предусматривать низкие скорости и охлаждение металла шва. Существенно способствует предупреждению трещин в металле повышение его температуры более 150 °С. Длина ступени каскадной сварки должна выбираться из расчета указанного разогрева металла предыдущего слоя шва. Обычно длина ступени сварки составляет 150—200 мм.

Сварка высокомарганцовистых сталей. Сталь марки Г-13 содержит около 1,5% углерода и 13% марганца, имеет высокую твердость и стойкость против истирания. Из этой стали изготавливают звенья гусениц тракторов, зубья ковшей экскаваторов и другие детали, работающие в условиях интенсивного абразивного износа. В стали, нагретой до температуры выше 1200 °С, при медленном охлаждении выделяются карбиды марганца, отчего она становится хрупкой и в ней образуются трещины.

При сварке этой стали необходимо создавать как можно меньшую зону нагрева и быстро охлаждать шов. Сварку и наплавку этих сталей следует выполнять уширенными валиками и короткими участками, каждый валик охлаждать водой.

Сварка легированных теплоустойчивых сталей. Теплоустойчивые стали по микроструктуре подразделяются на стали перлитного класса (12МХ, 12Х1М1Ф, ЮМ1Ф1ТР и др.) и стали мартенситного класса.

Все теплоустойчивые легированные стали поставляются погребителю после термической обработки (закалка плюс термический отпуск, отжиг). Если рабочая температура изделий из сталей (трубы паронагревателей, детали газовых турбин, трубы печей нефтезаводов и др.) не превышает 600 °С, то они изготавливаются из высоколегированной жаростойкой и жаропрочной стали.

Технологией сварки легированных теплоустойчивых сталей любой марки предусматривается предварительный или сопутствующий мест-

ный или общий подогрев свариваемого изделия, который обеспечивает структурную однородность металла шва с основным металлом и термическую обработку сварного изделия.

Для предотвращения холодных трещин при сварке теплоустойчивых сталей должен производиться предварительный подогрев, при котором скорость охлаждения металла шва и околошовной зоны обеспечивает максимальное значение твердости сталей.

С помощью термической обработки удастся улучшить во всем сварном изделии микроструктуру металла. Но для повышения длительности работы изделий нужно правильно выбрать и осуществить режим термической обработки. Лучшая термическая обработка сварных изделий из легированной стали — закалка и высокий отпуск. На практике применяют только высокий отпуск или отжиг с нагревом до температуры около 780 °С.

Необходимый нагрев свариваемого изделия, а также термическая обработка проводятся, как правило, индукционным методом, током промышленной или повышенной частоты. Время выдержки при отпуске берется из расчета 4—5 мин/мм толщины стенки. Охлаждение сварного изделия до температуры предварительного подогрева (200—450 °С) должно быть медленным.

Сварку теплоустойчивых легированных сталей покрытыми электродами производят на тех же режимах, что и сварку низколегированных конструкционных. Сварку корневого шва выполняют электродами диаметром 2—3 мм.

Техника сварки теплоустойчивых сталей аналогична технике сварки низкоуглеродистых сталей. Многослойную сварку выполняют каскадным способом без охлаждения каждого выполненного слоя шва.

При выборе электродов для сварки низколегированных теплоустойчивых сталей основным требованием является обеспечение необходимого уровня жаропрочности сварных соединений, т.е. способности длительно выдерживать рабочие напряжения в конструкции при заданных высоких температурах, не подвергаясь при этом разрушению и не претерпевая остаточных деформаций, превосходящих величину допускаемую условиями работы конструкции.

Для сварки конструкций из сталей, работающих при температурах до 540 °С, используются хромомolibденовые электроды типа Э-09Х1М. Для сварки сталей, работающих при температурах до 585 °С и до температур 600 °С, применяются хромомolibденованадиевые электроды типов Э-09Х1МФ.

Сварные соединения из хромомолибденованадиевых сталей снижают свою жаропрочность при появлении мягкой прослойки в зоне термического влияния, называемой «бетой полоской». Это может привести к преждевременному разрушению сварного соединения. Для безаварийной работы сварного соединения длительная прочность мягкой прослойки должна быть ниже прочности основного металла не более чем на 20—30% при условии сохранения высокой длительной пластичности. С повышением исходной прочности стали, когда различие между свойствами стали и мягкой прослойки велико, вероятность преждевременного разрушения сварных соединений возрастает. В таких соединениях разница в уровне прочности стали и мягкой прослойки должна быть не более 10—15%.

Для сварки теплоустойчивых сталей применяются электроды преимущественно с основными покрытиями, обеспечивающие минимальное окисление легирующих элементов при сварке. Преимущественное применение электродов с основными покрытиями для сварки теплоустойчивых сталей обусловлено стабильностью механических свойств наплавленного металла при нормальных и повышенных температурах, а также низкой склонностью к образованию горячих и холодных трещин.

Недостатками применения электродов с основным покрытием являются неудовлетворительная маневренность этих электродов, обусловленная плохой стабильностью горения дуги, чувствительность к образованию пор при зажигании и удлинении дуги, а также чувствительность к загрязнению поверхности свариваемых кромок и трудная отделимость шлака при кромок с узкими разделками.

Сварка высоколегированных сталей и сплавов. Согласно современной классификации, к высоколегированным сталям условно относят сплавы, содержание железа в которых более 45%, а суммарное содержание легирующих элементов не менее 10%, считая по верхнему пределу, при концентрации одного из элементов не менее 8% по нижнему пределу. К сплавам на никелевой основе относят сплавы с содержанием не менее 55% Ni. Такие стали и сплавы применяют в качестве коррозионно-стойких, жаростойких и жаропрочных материалов. Соответственно можно классифицировать и сварочные электроды по ГОСТ 10052—75. Высоколегированные электроды используют также для получения качественных соединений разнородных сталей и сплавов, при сварке конструкционных сталей без подогрева, для наплавки.

Отмечено различное поведение высоколегированных электродов при сварке на прямой и обратной полярности, связываемое с тепловыми характеристиками дуги. При сварке на прямой полярности напря-

жение на дуге на 15–20% выше, чем при сварке на обратной полярности. Соответственно больше тепловая мощность дуги, также повышается температура кабода-электрода при сварке на прямой полярности. В основном из-за этого во избежание перегрева электрода при ручной дуговой сварке высоколегированных сталей и сплавов рекомендуется обратная полярность.

Основными вопросами, решающими выбор электродов при сварке высоколегированных сталей и сплавов, являются обеспечение основных эксплуатационных характеристик сварных изделий (коррозионной стойкости, жаростойкости и пр.), обеспечение стойкости металла к образованию горячих трещин, сварочно-технологические возможности электродов.

Электроды для сварки высоколегированных сталей и сплавов отличаются разнообразием применяемых видов покрытий. При этом ведущим в отечественной практике является основное покрытие типа УОНИ-13, на базе которого, комбинируя проволоки различного состава, номенклатуру и содержание легирующих и раскисляющих элементов в покрытии, получают самые разнообразные электроды. Необходимость применения основных покрытий часто даже относят к общим правилам ручной дуговой сварки высоколегированных сталей всех марок. Этот взгляд во многом обусловлен опасностью развигия при низкой основности покрытий процесса, приводящего к загрязнению металла шва силикатными включениями, вследствие чего возможно образование горячих трещин.

2.11. Сварка чугуна

Общие сведения. Сварка чугунных деталей — трудный процесс, обусловленный химическим составом и структурой чугуна.

По химическому составу чугун — сплав железа с углеродом, содержащий некоторое количество кремния, марганца, фосфора, серы и других примесей. Обычно в чугуне содержится 2,0–3,6% углерода.

Механические свойства чугуна во многом зависят от того, в каком виде находится углерод. Если большая часть углерода содержится в связанном состоянии в виде цементита (Fe_3C), то такой чугун имеет более светлый цвет, очень тверд, хрупок и не поддается механической обработке. Его часто называют белым, он почти не применяется для изготовления деталей. Наиболее широкое применение получил серый чугун. В нем большая часть углерода находится в структурно-

свободном состоянии, в виде пластинчатых включений графита. Серый чугун достаточно мягок, легко поддается обработке.

При быстром охлаждении серого чугуна, расплавленного или нагретого выше 750°C , графит легко переходит в цементит (т.е. чугун отбеливается) и образуется закаленная структура. Относительное удлинение чугуна на разрыв практически равно нулю, поэтому при неравномерном нагреве или остывании почти всегда возникают большие внутренние напряжения и трещины.

Чугун мгновенно переходит из жидкого состояния в твердое, минуя пластическое состояние. Все эти свойства чугуна в большой степени затрудняют его сварку. Хуже всего поддается сварке чугун с крупными включениями графита, и лучше сваривается чугун с мелким пластинчатым или сфероидальным графитом.

Сварку чугунных деталей можно подразделить на два вида: горячую и холодную.

Горячая сварка чугуна заключается в том, что деталь предварительно подогревают, а после сварки медленно охлаждают. Температура подогрева зависит от массы и формы детали, но не должна превышать 650°C . Более высокий нагрев вызовет рост графитовых зерен, а при нагреве более 750°C происходит химические и структурные изменения. Скорость охлаждения от начала затвердевания наплавленного металла до 600°C должна быть не более 4°C в секунду. При большей скорости охлаждения происходит отбеливание чугуна. Мелкие детали подгревают до температуры $150\text{--}200^{\circ}\text{C}$. Для подогрева деталей используют горн, электрические печи или индукционные аппараты (нагрев током промышленной частоты).

Холодная сварка чугуна находит все большее применение. Она выполняется различными способами и с использованием специальных электродов.

Сварка чугуна стальными электродами. Сварка чугуна электродами для сталей — наиболее доступный способ сварки. Однако в большинстве случаев он дает очень низкое качество сварного соединения. Наплавленная сталь плохо соединяется с чугуном из-за разной усадки. В зоне плавления сталь обогащается углеродом, становится хрупкой, склонной к закалке и образует при остывании трещины.

При сварке стальными электродами из-за проплавления чугуна содержание углерода в металле шва очень велико ($1,1\text{--}1,8\%$). Металл валика, наплавленного на чугун, представляет собой закаленную высокоуглеродистую сталь со значительным содержанием кремния, марганца, а иногда фосфора, серы, перешедших из чугуна. Это способствует образованию в шве трещин.

Быстрое охлаждение, имеющее место при холодной сварке, приводит к значительному повышению твердости наплавленного металла и металла зоны термического влияния, где чугун приобретает высокую твердость и хрупкость. Между наплавленным валиком и основным металлом образуется полоса отбеленного чугуна шириной около 1 мм и затем более широкая полоса закаленного чугуна. Зона сварки, выполненная стальными электродами, не поддается обработке режущим инструментом. В металле шва зачастую появляются поры из-за повышенного содержания газов в чугуне. Образование трещин и пор значительно снижает прочность и плотность сварного соединения. Многослойная наплавка в значительной степени устраняет эти недостатки. Преимущества многослойной наплавки чугуна стальными электродами были использованы при разработке способа холодной сварки чугуна отжигающими валиками.

Вдоль трещины чугунной детали разделяют кромки, получая *V*-образный профиль трещины, и по обе стороны снимают легкую корку на расстоянии, примерно равном ширине разделки. На первый сварочный валик длиной 40—50 мм сразу же накладывают второй, отжигающий валик. При наложении второго валика первый больше прогревается и затем остывает с меньшей скоростью. Значительная часть цементита распадается, выделяется графит, а закаленная часть шва частично отпускается. Верхний (отжигающий) валик уже меньше подвержен закалке, в результате чего резко снижается твердость всего шва и частично снимаются остаточные напряжения, возникающие при сварке.

Для улучшения качества сварного соединения применяют электроды малого диаметра и пониженную силу тока, чтобы уменьшить тепловое воздействие дуги на чугун. Сварку ведут короткими участками, празброс, стараясь как можно меньше проплавлять чугун. В целях усиления связи наплавленного металла с чугуном при сварке сильно нагруженных деталей (корпуса коробки передач, корпуса трансмиссий тракторов и т.п.) на разделанных кромках трещины часто ставят в шахматном порядке на резьбе упрочняющие стальные шпильки (рис. 2.60). Диаметр и число шпилек устанавливаются в зависимости от толщины стенок детали и длины трещины. Рекомендуется принимать диаметр шпилек $d = (0,15-0,2) S$, где S — толщина стенки, но не менее диаметра электрода. Расстояние между шпильками берут равным $(4-6)d$, глубина посадки — $2d$, расстояние от кромок — не менее $1,5d$. Выступающую часть шпилек обваривают по периметру, а затем наплавливают весь шов.

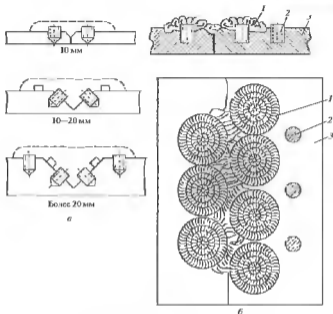


Рис. 2.60. Сварка чугуна с применением упрочняющих шпилек:
а — установка шпилек; *б* — обварка шпилек.
 1 — обварочный шов; 2 — шпилька; 3 — изделие

Сварка начинается с обварки шпилек кольцевыми швами. Обварка должна нести вразброс в целях уменьшения сильного местного перегрева детали. После обварки всех шпилек накладывают кольцевые швы, пока вся поверхность завариваемого участка не будет покрыта слоем наплавленного металла. Крайние ряды шпилек обваривают лишь после того, как весь участок будет полностью заварен. Для обварки шпилек и нанесения облицовочного слоя следует применять электроды малого диаметра (3,0—3,5 мм), для окончательной заварки трещины можно использовать электроды диаметром от 4 до 6 мм.

Чрезмерный нагрев детали при сварке приводит к образованию трещин в зоне термического влияния. Поэтому при сварке не следует

допускать нагрев свариваемой детали выше 40—50 °С на расстоянии 100 мм от шва.

Первые слои в разделке трещины или обварку упрочняющих шпилек выполняют электродами ЦЧ-4, а все последующие — электродами типа УОНИ-13/55 или другими электродами со стержнем из низкоуглеродистой стали. Втористокальциевое покрытие электродов ЦЧ-4 содержит элементы, активно вступающие в химическое соединение с углеродом свариваемого металла и образующие устойчивые карбиды, нерастворимые в железе. В результате этого достигается достаточно прочное соединение наплавляемого шва с чугуном.

Восстановление чугунных деталей способом отжигающих валков в сочетании с установкой упрочняющих шпилек, скоб и других связей дает удовлетворительные результаты, но он трудоемок, сравнительно малопроизводителен, требует большого расхода электродного материала. Разработаны и успешно применяются для сварки чугуна железо-никелевые электроды.

Сварка электродами на основе никеля. Такая сварка дает достаточно высокую прочность. При этой сварке отсутствуют трещины, а наплавленный металл хорошо поддается обработке. Это объясняется тем, что никель неограниченно растворяется в железе, а никелевый аустенит содержит много углерода без образования карбидов. Металл, наплавленный электродами ОЗЖН-1, содержит до 48% никеля. Электроды предназначены для холодной сварки серого и высокопрочного чугуна. Они рекомендуются для устранения дефектов в чугунных головках блоков, в блоках двигателей и других ответственных деталях.

В настоящее время широкое применение получают электроды с содержанием никеля более 90% — ОЗЧ-3, ОЗЧ-4. Однако такие электроды очень дороги. Для уменьшения стоимости срочных работ никелевые электроды применяют только для наплавки их на поверхность разделки (рис. 2.61), а саму разделку заполняют обычными электродами.



Рис. 2.61. Сварной шов с разделкой кромок на чугунном изделии: 1 — сталь; 2 — никелевая вставка

Сварка электродами на основе меди. Применяется во всех случаях, когда не требуется высокая прочность сварного шва. Медь, как и ни-

кель, не образует соединений с углеродом, но она практически не растворяется в железе. Поэтому наплавленный шов не однороден, в медной основе расположены включения высокоуглеродистой железной фазы повышенной твердости.

Медно-железные электроды ОЗЧ-2, ОЗЧ-6 изготавливают из медного стержня с фтористо-кальциевым покрытием, в которое добавляют 50% железного порошка. Эти электроды применяют для заварки трещин в водяных рубашках блоков двигателей, головках блока и т.п. Трещину засверливают по концам и разделяют под углом 70—90° на $2/3$ толщины детали. Край трещины тщательно зачищают, так как загрязнения вызывают пористость шва. Сварку ведут короткой дугой на постоянном токе обратной полярности с перерывами для охлаждения детали до температуры 50—60 °С. Для получения более плотного шва участки в 40—60 мм сразу после сварки проковывают. Слой, наплавленный электродами ОЗЧ, представляет собой медь, насыщенную железом с вкраплением закаленной стали большой твердости. По границе шва отдельными участками располагаются зоны отбеливания. Несмотря на достаточно высокую твердость, шов можно обрабатывать твердосплавным инструментом.

Медно-никелевые электроды МНЧ-2 представляют собой стержни из монель-металла (28% меди, 2,5% железа, 1,5% марганца, остальное никель). Никель этих электродов не образует соединений с углеродом, поэтому наплавленный шов получается с малой твердостью, зона отбеленного чугуна почти отсутствует, зона закаленного чугуна имеет невысокую твердость, которая может быть легко снижена небольшим отпуском. Кроме того, в шве образуется меньше пор и трещин, его легче обрабатывать, но прочность его получается низкой. Поэтому медно-никелевые электроды часто применяют в сочетании с медно-железными электродами. Перлый и последний слой наносят медно-никелевыми электродами (чтобы в первом слое обеспечить плотность, а в последнем — улучшить обработку), дальнейшие слои наплавляют медно-железными электродами. Наплавку медно-никелевыми электродами ведут так же, как и медно-железными электродами.

Для холодной сварки и наплавки чугуна специальными электродами характерно проведение процесса с минимальным тепловложением короткими валиками протяженностью 25—60 мм с охлаждением каждого наложенного валика на воздухе до температуры не более 60 °С. Иногда рекомендуется проковка каждого валика легкими ударами молотка.

Сварочные напряжения, возникающие в конструкции в результате нагрева, могут быть сняты почти полностью, если в шве и зоне терми-

ческого влияния создать дополнительные пластические деформации. Этого можно достичь проковкой швов. Проковку проводят в процессе остывания металла при температурах до 450 °С и выше либо от 150 °С и ниже. В интервале температур 400—200 °С в связи с пониженной пластичностью металла при его проковке возможно образование надрывов. Специальный нагрев сварного соединения для выполнения проковки, как правило, не требуется. Удары наносят вручную молотком массой 0,6—1,2 кг с закругленным бойком или пневматическим молотком с небольшим усилием до изменения рисунка шва. При многослойной сварке проковывают каждый слой, за исключением первого, в котором от удара могут возникнуть трещины, и облицовочного. Этот прием весьма эффективен для снятия напряжений при заварке трещин и замыкающих швов в жестких контурах деталей и узлов из конструкционных сталей и чугуна.

2.12. Сварка алюминия и его сплавов покрытыми электродами

Ручную сварку покрытыми электродами применяют в основном при изготовлении и ремонте малонагруженных конструкций и деталей с толщиной элементов не менее 3 мм из технического алюминия, деформированных и литейных алюминиевых сплавов.

Температура плавления алюминия 660 °С. Он легко окисляется на воздухе, и поверхность деталей из алюминия и его сплавов всегда покрыта плотной пленкой оксида алюминия Al_2O_3 , температура плавления которой 2050 °С (температура кипения чистого алюминия 1800 °С). Тугоплавкая и механически прочная пленка окиси алюминия создает основные трудности при его сварке. Кроме того, при нагревании алюминий и его сплавы не изменяют цвета, а в расплавленном состоянии имеют большую жидкотекучесть, что также затрудняет сварку.

В покрытие электродов входят хлористые и фтористые соли лития и калия, энергично растворяющие и переводящие в шлак оксид алюминия. Сварку ведут постоянным током обратной полярности, при которой в результате катодного распыления улучшаются условия разрушения окисной пленки. После сварки, во избежание разъедания металла, шлак со шва удаляют, промывая горячей или подкисленной водой, и тщательно протирают стальными щетками. Перед сваркой поверхность детали обезжиривают бензином или ацетоном и очищают механическим или ручным способом с помощью стальной щетки.

На протяжении многих лет в промышленных масштабах используют покрытые электроды марок ОЗА-1 и ОЗА-2. Электроды ОЗА-1 со стержнем из проволоки СвА1 предназначены для сварки технического алюминия, электроды ОЗА-2 со стержнем из сплава СвАК5 — для сварки и наплавки, а также заварки брака литья на литых сплавах например АЛ2, АЛ4. Алюминиево-кремниевые сплавы (типа силумин) сваривают электродами ОЗА-2 со стержнями из проволоки марки СвАК3, СвАК10.

Чтобы избежать коробления, образования трещин и улучшить качество сварки, детали из алюминия и его сплавов перед сваркой нагревают до температуры 200—350 °С (в зависимости от их размеров). Крупные детали подогревают до более высокой температуры. Температуру подогрева определяют термопарами или специальными термокарандашами. Концы трещин в деталях засверливают, а кромки разделяют под углом 60—90°. Расплавленный металл удерживают от растекания стальными или глиняными подкладками. Для получения мелкозернистой структуры металла шва деталь после сварки замедленно охлаждают, а шов слегка проковывают. Внутренние напряжения снимают нагревом до температуры 300—350 °С с последующим медленным охлаждением.

Однако из-за низкой прочности и высокой гигроскопичности покрытия, сильного разбрызгивания металла при сварке, плохой отделяемости шлаковой корки, невысокого качества швов и необходимости высокотемпературного подогрева свариваемого металла электроды ОЗА-1 и ОЗА-2 не удовлетворяют современным требованиям.

Коэффициент наплавки 6—6,8 г/(А·ч). Расход электродов на 1 кг наплавленного металла 2—2,2 кл. Перед употреблением электроды необходимо прокалить при температуре 150—200 °С в течение 1—1,5 ч. Прокаленные электроды должны храниться в герметичной упаковке. Время между прокалкой и сваркой не должно превышать 24 ч.

Кромки свариваемого металла рекомендуют подогреть газовым пламенем или в печи. Температуру предварительного подогрева выбирают в зависимости от марки и толщины свариваемых деталей (табл. 2.2). Следует учитывать, что для алюминиевых сплавов режимы сварки и температура предварительного подогрева приведены ориентировочно, так как вследствие большой теплопроводности на выбор параметров сварки, кроме толщины металла и химического состава, значительно влияют конфигурация и размеры изделий.

Таблица 2.2
Режимы сварки алюминиевых сплавов покрытыми электродами

Параметр	Диаметр электрода, мм			
	3,15	4,0	5,0	6,3
Рекомендуемые значения тока, А, при положении шва:				
нижнем	80—110	100—130	130—160	160—180
вертикальном	80—110	90—130	120—150	150—170
Толщина свариваемого металла, мм	3—5	4—10	8—14	12—16
Рекомендуемая температура предварительного подогрева металла, °С	100—200	150—250	200—350	200—350

Примечание. Рекомендуемые значения даны для сварки стыковых соединений листовых конструкций.

Сварку выполняют на постоянном токе обратной полярности. В качестве источника питания следует использовать сварочный выпрямитель типа ВД-306 с крутопадающей вольт-амперной характеристикой и плавной регулировкой напряжения на дуге. При двухсторонней сварке металла толщиной до 10 мм ряделку свариваемых кромок обычно не производят. Наиболее приемлемым типом сварного соединения является стыковое. Сварку ричелств и тавровых соединений обычно избегают, так как в этих случаях возможно затекание шлака в зазоры, из которых его трудно удалить при промывке после сварки. Наличие шлака в зазоре может вызвать коррозию. Шлак, как правило, удаляют с помощью щеток и горячей воды.

2.13. Наплавка

Большое количество деталей машин и механизмов выходит из строя в процессе эксплуатации вследствие истирания, ударных нагрузок и эрозии. Современная техника располагает различными методами восстановления и упрочнения деталей для повышения срока их службы. Одним из методов восстановления и упрочнения деталей является наплавка. Различают наплавку восстановительную и изготовительную.

Наплавкой называется процесс нанесения с помощью сварки на поверхность детали слоя металла для восстановления ее первоначальных размеров (при износе после эксплуатации) либо для придания этой

поверхности специальных свойств (износостойкости, антикоррозионности, антифрикционности).

Восстановительная наплавка применяется для получения первоначальных размеров изношенных или поврежденных деталей. В этом случае наплавленный металл близок по составу и механическим свойствам к основному металлу.

Изготовительная наплавка служит для получения многослойных изделий. Такие изделия состоят из основного металла (основы) и наплавленного рабочего слоя. Основной металл обеспечивает необходимую конструкционную прочность. Слой наплавленного металла придает особые заданные свойства: износостойкость, термостойкость, коррозионную стойкость. Таким образом, наплавку проводят не только при восстановлении изношенных, но и при изготовлении новых деталей машин и механизмов.

Наиболее широко наплавка применяется при ремонтных работах. Восстановлению подлежат корпусные детали различных двигателей внутреннего сгорания, распределительные и коленчатые валы, клапаны, шкивы, маховики, ступицы колес. Наплавку можно проводить почти всеми известными способами сварки плавлением. Каждый способ наплавки имеет свои достоинства и недостатки. Важнейшие требования, предъявляемые к наплавке, заключаются в следующем:

- минимальное проплавление основного металла;
- минимальное значение остаточных напряжений и деформаций металла в зоне наплавки;
- занижение до приемлемых значений припусков на последующую обработку деталей.

Основными достоинствами ручной дуговой наплавки являются универсальность и возможность выполнения сложных наплавочных работ в труднодоступных местах. Для выполнения ручной дуговой наплавки используется обычное оборудование сварочного поста. Для наплавки используют электроды диаметром 3–6 мм. При толщине наплавленного слоя до 1,5 мм применяются электроды диаметром 3 мм, а при большей толщине — диаметром 4–6 мм. Для обеспечения минимального проплавления основного металла при достаточной устойчивости дуги плотность тока составляет $11–12 \text{ А/мм}^2$.

К недостаткам ручной дуговой наплавки можно отнести относительно низкую производительность, тяжелые условия труда из-за повышенной загазованности зоны наплавки, а также сложность получения необходимого качества наплавленного слоя и большое проплавление основного металла.

Для ручной дуговой наплавки применяют как специальные наплавочные электроды, так и обычные сварочные, предназначенные для сварки легированных сталей (ГОСТ 1005—75). Выбор электрода для наплавки определяется составом основного металла. В маркировке буква Н обозначает «наплавочный».

Наплавку проводят короткой дугой постоянным током обратной полярности. При наплавке перегрев наплавленного слоя не допускается. Для этого слой наплавливают отдельными валиками с полным последовательным охлаждением каждого валика. Положение электрода при наплавке показано на рис. 2.62.

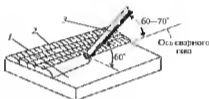


Рис. 2.62. Положение электрода при наплавке отдельными валиками
1 — изделие, 2 — валики швов, 3 — электрод

Технологический процесс наплавки начинается с подготовки детали. Для этого ее тщательно очищают от масла, краски, окалины и других загрязнений. Рекомендуется поверхности, подлежащие наплавке, отжигать газопыми горелками. Применяют также промывку горячим раствором щелочи с последующей промывкой горячей водой, очистку стальной щеткой.

Поверхностные дефекты, в том числе и наклепанный слой, удаляют механическим путем или резаком для поверхностной кислородной резки. В целях снижения сварочных напряжений необходимо добиваться равномерной толщины наплавленного слоя. Поверхность, имеющую неравномерную выработку с большими колебаниями по высоте, выравнивают механическим путем на металлорежущем оборудовании.

При подготовке под наплавку поверхностей с локальными износами следует избегать плавных переходов наплавленного металла к основному (рис. 2.63).

Наплавку больших поверхностей производят короткими валиками по схеме, приведенной на рис. 2.64. Технологические приемы и режимы наплавки зависят от формы и размеров деталей, а также от толщины и требуемых свойств наплавленного слоя.

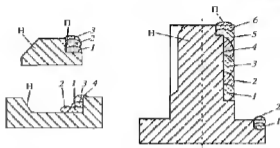


Рис. 2.63. Правильная (П) и неправильная (Н) подготовка поверхностей под наплавку: 1—6 последовательность наложения валиков

← 1	← 17	← 11	← 2
← 13	← 9	← 5	← 7
← 24	← 15	← 20	← 23
← 22	← 19	← 16	← 21
← 8	← 6	← 10	← 14
← 3	← 12	← 18	← 4

Рис. 2.64. Порядок наложения валиков при наплавке больших поверхностей: 1—24 — номера участков, ← — направление наплавки

При наплавке отдельными валиками каждый из них накладывается на всю длину на расстоянии друг от друга, равном 0,5 ширины валика. После очистки наложенных валиков от шлака заполняют промежутки между ними. Применяют и другие способы наплавки валиками, например, как показано на рис. 2.65, с перекрытием $1/3$ ширины валика после очистки от шлака предыдущего валика.

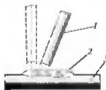


Рис. 2.65. Перекрытие валиков при нанесении слоя в виде отдельных валиков: 1 — электрод, 2 — валик, 3 — валик

Челночный способ (рис. 2.66) используют для наплавки поверхностей шириной 40—80 мм. Особенность способа заключается в том, что шлак на предыдущем валике не успевает затвердеть и отпадает необходимость в удалении шлака с предыдущего валика.

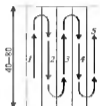


Рис. 2.66. Наплавка челночным способом:
1—5 — номера участков наплавки ← — направление наплавки

При нанесении слоя в виде отдельных валиков должно быть обеспечено оптимальное перекрытие валиков: при ручной наплавке — на 0,30—0,35 ширины, а при автоматической и полуавтоматической — на 0,4—0,5 ширины валика

Если после наплавки деталь подлежит обработке резанием, то наплавлять следует ровную поверхность с минимальным припуском на обработку; твердость наплавленного слоя снижают отжигом. После обработки резанием твердость слоя повышают закалкой и последующим отпуском.

Наплавку фасонных поверхностей производят отдельными валиками. На рисунке 2.67 приведен в качестве примера порядок наплавки зуба и впадины зубчатого колеса.

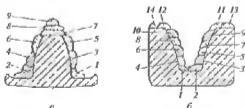


Рис. 2.67. Схема наплавки отдельными валиками фасонных поверхностей:
зуба (а) и впадины (б) зубчатого колеса:
1—14 — порядок наложения валиков

Наплавку тел вращения выполняют одним из трех способов: по образующим; по окружности и по винтовой линии. Наплавку по образующим (рис. 2.68) ведут отдельными валиками так же, как и плоские поверхности в нижнем положении, периодически поворачивая наплавляемое изделие.

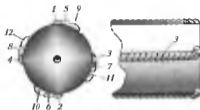


Рис. 2.68. Схема наплавки тел вращения по образующим
1—12 — последовательность выполнения валиков при наплавке

Наплавку по окружности (рис. 2.69, *а*) выполняют также отдельными валиками. Последующий валик накладывается после очистки от шлака предыдущего с перекрытием на 30—35% ширины валика. Наплавку по винтовой линии (рис. 2.69, *б*) осуществляют непрерывно, а очистка предыдущего валика от шлака производится подпружиненными резцами.

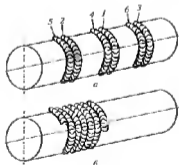


Рис. 2.69. Схема наплавки тел вращения:
а — по окружности; *б* — по винтовой линии,
1—6 — последовательность выполнения валиков

Во время наплавки в изделии появляются значительные внутренние напряжения, которые приводят к его короблению, а иногда и к разрушению. К мерам, которые принимают для предотвращения возникновения напряжений или снятия их в целях уменьшения деформации изделия, относятся:

- предварительный подогрев до 200—400 °С;
- ведение наплавки с погружением изделия в воду без смачивания наплавляемой поверхности;
- ведение наплавки при жестком закреплении изделия в приспособлении;
- предварительный изгиб изделия в направлении, обратном ожидаемому изгибу;
- высокотемпературный отпуск после наплавки с нагревом до 650—680 °С.



Рис. 2.70. Наплавка износоустойчивых поверхностей

Износоустойчивую наплавку на поверхность изделий выполняют по предварительно наплавленному промежуточным валикам с низкой твердостью (рис. 2.70). Промежуточный слой с низкой твердостью обеспечивает высокую прочность изделия, а верхний слой — высокую износоустойчивость.

Контрольные вопросы

1. В чем заключаются преимущества ручной дуговой сварки перед другими способами?
2. Какие требования предъявляются к конструкции и окраске стен стационарной кабины сварщика?

3. Какие системы вентиляции применяют на рабочих местах сварщиков?
4. Какие типы электрододержателей применяют при сварке?
5. Какие требования предъявляются к электрододержателям?
6. Какими устройствами защищают лицо и глаза сварщика от излучения дуги?
7. Какие требования предъявляются к спецодежде и обуви сварщика?
8. Какие общие требования предъявляются к электродам для ручной дуговой сварки?
9. Какие типы веществ вводят в сварочные электроды?
10. Какие элементы в составе электродных покрытий вводят для предотвращения металла сварочной ванны от окисления?
11. Откуда в зоне сварки берется попорол и что нужно делать, чтобы его там было меньше?
12. Что означают в маркировках электродов обозначения: Э46, Э55?
13. Какими способами готовят кромки деталей под сварку?
14. Какие применяют приемы зажигания дуги?
15. Как влияет длина дуги на форму сварного шва?
16. Как во время сварки управляют формированием шва?
17. Какие приемы уменьшения деформаций применяют при сварке листов?
18. Какие приемы применяют при заполнении разделки многопроходным швом?
19. Что такое режим сварки и какие параметры режима можно выделить при ручной дуговой сварке?
20. Как выбирают силу сварочного тока?
21. Каким образом можно уменьшить магнитное дутье?
22. Как и почему выбирают электроды для сварки в потолочном, горизонтальном и вертикальном положениях?
23. Зачем в состав электродных покрытий вводят железный порошок?
24. В чем заключаются преимущества сварки пучком электродов?
25. В чем состоит сущность сварки лежачим электродом?
26. В чем состоит сущность сварки наклонным электродом?
27. В чем состоит сущность ручной сварки с опоранием электрода?
28. В чем состоит сущность ванного способа сварки?
29. Для чего нужен подогрев при сварке конструкционных легированных сталей?

30. Как на рабочем месте можно быстро определить температуру подогрева?
31. В чем заключаются трудности дуговой сварки чугуна?
32. Чем отличаются друг от друга холодная и горячая сварка чугуна?
33. Какими приемами можно снизить долю участия основного металла в формировании шва при ручной дуговой наплавке?
34. Для чего нужен подогрев алюминиевых деталей при ручной дуговой сварке?

ОБОРУДОВАНИЕ И АППАРАТУРА ДЛЯ ГАЗОВОЙ СВАРКИ И КИСЛОРОДНОЙ РЕЗКИ

3.1. Схемы постов газовой сварки

Выбор схем газопитания сварочного поста зависит от состава рабочей смеси и принципа работы аппаратуры. При использовании инжекционной аппаратуры с ацетиленокислородным пламенем пост оборудуют по схемам, показанным на рис. 3.1.

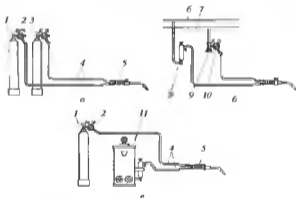


Рис. 3.1. Схемы газопитания рабочего поста:

- а* — от баллонов; *б* — от газопроводов; *в* — от ацетиленового генератора;
 1 — баллон с кислородом; 2 — кислородный редуктор; 3 — баллон с ацетиленом; 4 — шланги; 5 — горелка; 6 — кислородный трубопровод;
 7 — ацетиленовый трубопровод; 8 — водяной затвор; 9 — кислородный вентиль;
 10 — кислородный постовый редуктор; 11 — ацетиленовый генератор

Основное назначение аппаратуры, входящей в состав поста, заключается в обеспечении подвода горючих газов к сварочной горелке с за-

данным расходом и предотвращением попадания пламени в баллоны с горючими газами при аварийном обратном ударе пламени.

Обратным ударом называют проникновение пламени внутрь каналов сопла горелки или резака и распространение его навстречу потоку горючей смеси. Его вероятность определяется соотношением между скоростью истечения смеси и нормальной скоростью ее воспламенения (скорость распространения пламени в направлении, перпендикулярном его фронту в данной точке).

По своему назначению посты могут быть передвижными или стационарными. Передвижные сварочные посты могут быть собраны в любом месте на предприятии или в цехе. В случае стационарных постов питание газом осуществляется централизованно, где газ подается по газопроводам к местам потребления.

Для питания постов ацетиленом его получают в ацетиленовых генераторах из карбида кальция и воды или подают из баллона (или централизованной магистрали).

3.2. Ацетиленовые генераторы

Согласно ГОСТ 5190—78, ацетиленовые генераторы классифицируют по давлению вырабатываемого ацетилена, по производительности, по конструкции, по применяемой системе регулирования взаимодействия карбида кальция с водой.

Генераторы низкого давления изготавливают на давление ацетилена до 0,01 МПа (0,1 кгс/см²). Генераторы среднего давления изготавливают на давление ацетилена от 0,01 до 0,07 МПа (0,1—0,7 кгс/см²). Выпускают также генераторы на давление ацетилена от 0,07 до 0,15 МПа (0,7—1,5 кгс/см²), они относятся к генераторам среднего давления, но имеют большую производительность.

Генераторы выпускают по расчетной производительности на 0,5; 0,75; 1,25; 2,5; 3,5; 10; 20; 40; 30; 160 и 320 м³/ч.

По конструкции генераторы изготавливают передвижными и стационарными. У передвижных генераторов производительность до 3 м³/ч.

По системе регулирования взаимодействия карбида кальция с водой генераторы изготавливают с количественным регулированием взаимодействующих веществ и с регулированием продолжительности контакта кальция с водой, которое называется повременным регулированием.

В генераторах с количественным регулированием применяют дозировку карбида кальция или воды. Если дозируется карбид кальция, а вода

в зоне реакции находится в постоянном количестве, то система называется «карбид в воду». При дозировке воды и одновременной загрузке всего количества карбида кальция система называется «вода на карбид».

В генераторах с поперечной системой регулирования контакт карбида кальция с водой происходит периодически, с определенными перерывами. Подвижным веществом обычно является вода, такие генераторы относятся к работающим по системе «вытеснения воды».

Генераторы по способу взаимодействия карбида кальция с водой принято кратко обозначать следующим образом:

- КВ — «карбид в воду»;
- ВК — «вода на карбид»;
- ВК и ВВ — комбинированные «вода на карбид» и «вытеснение воды». Конструкции различных ацетиленовых генераторов представлены на рис. 3.2.

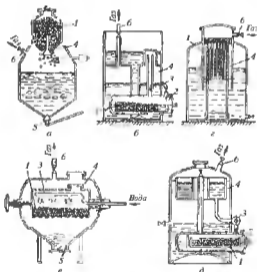


Рис. 3.2. Схемы ацетиленовых генераторов:

- a* — «карбид на воду»; *b* — «вода на карбид»; *e* — «сухое разложение»;
г — «вытеснение воды»; *d* — комбинированная система «вода на карбид»
и «вытеснение воды»: 1 — бункер или барабан с карбидом кальция, 2 — реторта;
3 — система подачи воды; 4 — газосборник; 5 — спуск ила; 6 — отбор газа

Промышленностью выпускаются передвижные ацетиленовые генераторы типа АСП-10 — это ацетиленовый генератор среднего давления, передвижной, производительностью $1,25 \text{ м}^3/\text{ч}$ и стационарные генераторы типов АСК-3, АСК-4, АСК-5, ГНД-20, ГНД-40

Наиболее предпочтительным типом генератора является генератор комбинированной системы «вода на карбид» и «вытеснения воды». Генератор рассчитан для работы на карбиде кальция с кусками определенных размеров. Разложение карбида кальция в генераторе должно регулироваться автоматически, в зависимости от расхода газа.

Генератор должен обладать высоким коэффициентом полезного использования карбида кальция (см. соответствие с паспортом на карбид данного сорта). У современных генераторов коэффициент полезного использования карбида кальция до 0,98.

Генератор должен быть герметичным и иметь газосборник достаточной емкости, чтобы при внезапном прекращении отбора газа не происходил выброс ацетилена в помещение.

Генератор должен обеспечивать хорошую очистку получаемого газа. Рассмотрим устройство и работу генератора АСП-10, представленного на рис. 3.3. Корпус состоит из трех частей: верхней — газообразователя, средней — вытеснителя и нижней — промывателя и газосборника. Верхняя часть с нижней соединены между собой переливной трубкой 10. В газообразователе происходит разложение карбида кальция водой с выделением ацетилена. В вытеснителе находятся воздушная подушка и вода, которая сообщается с водой в газообразователе в процессе работы генератора.

В промывателе происходит охлаждение ацетилена и отделение его от частичек извести. В верхней части промывателя скапливается ацетилен. Эта часть аппарата называется газосборником.

Вода в газообразователь заливается через горловину 7. При достижении уровня переливной трубки 10 вода поступает из газообразователя в промыватель. Заполнение промывателя происходит до уровня контрольной пробки 15.

Карбид загружают в корзину 8, закрепляют поддон 17, устанавливают и прижимают крышку 4 с мембраной 6 усилием, создаваемым винтом 1. Образующийся в газообразователе ацетилен по трубке 10 поступает в промыватель, проходит через слой воды, охлаждается и промывается. Из промывателя ацетилен проходит через вентиль 12 по шлангу и поступает через предохранительный затвор 13 на потребление. Регулирование процесса разложения карбида кальция в газообразователе происходит одновременно двумя способами:

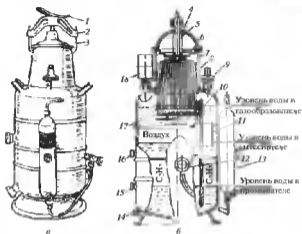


Рис. 3.3. Внешний вид и схема передвижного ацетиленового генератора среднего давления типа АСП-10:

- a* — внешний вид; *b* — схема. 1 — винт, 2 — коромысло, 3 — направляющие; 4 — крышка, 5 — пружина, 6 — мембрана, 7 — горючий газ, 8 — корзина для карбида кальция, 9 — предохранительный клапан, 10 — трубка, 11 — патрубок; 12 — вентиль, 13 — предохранительный затвор; 14 — сливной штуцер; 15 — смотровая пробка, 16 — сливной штуцер, 17 — поддон, 18 — контрольный манометр

вертикальным движением корзины с карбидом кальция в воду и за счет работы вытеснителя.

По мере повышения давления в газообразователе корзина с карбидом, связанная с пружиной 5 мембраны, перемещается вверх, уровень замочки карбида уменьшается, ограничивается выработка ацетилена, и повышение давления прекращается.

При снижении давления в газообразователе усилием пружины 5 мембрана и корзина с карбидом опускаются в воду. Таким образом, с помощью мембраны с пружиной осуществляется автоматическое регулирование давления ацетилена в аппарате. Давление в аппарате одновременно регулируется вытеснением воды из газообразователя в вытеснитель через патрубок 11 и обратно.

По мере выделения ацетилена давление в газообразователе возрастает, вода переливается в вытеснитель. Уровень воды в газообразователе понижается, и корзина с карбидом оказывается выше уровня воды,

реакция разложения карбида кальция водой прекращается. При понижении давления в газообразователе вода из вытеснителя поднимается вверх и вновь происходит замочка карбида в газообразователе. Предохранительный клапан 9 служит для сброса избыточного давления ацетилена. В месте присоединения клапана к корпусу установлена сетка для задержания частиц карбида, окалины и других загрязнений.

Вентиль 12 служит для пуска и регулирования подачи ацетилена к потребителю. Давление ацетилена в газообразователе контролируется манометром 18. Слив ила из газообразователя и иловой воды из промывателя осуществляется соответственно через штуцеры 16 и 14.

3.3. Предохранительные затворы и огнепреградители

Предохранительными жидкостными (водяными) затворами называют устройства, предназначенные для защиты ацетиленовых генераторов и трубопроводов для горючих газов от обратного удара пламени.

Внешне обратный удар характеризуется резким хлопком и гашением пламени. Основными причинами обратных ударов являются перегрев наконечника и засорение мундштука. Скорость истечения горючей смеси при этом резко снижается и делается меньше скорости воспламенения.

Ацетиленовые жидкостные затворы классифицируют по следующим признакам: по пропускной способности — 0,8; 1,25; 20; 3,2 м³/ч; по предельному давлению — низкого давления до 0,01 МПа (1 кгс/см²) и среднего давления 0,01—0,15 МПа (0,1—1,5 кгс/см²).

На рисунке 3.4 показана конструкция водяного затвора низкого давления открытого типа. Ацетилен поступает в затвор по трубке 1, вытесняя своим давлением воду в наружную трубку 3, и выходит через ниппель 6 в горелку. Давление определяется высотой столба жидкости в затворе, находящейся на уровне контрольного вентиля 7, и верхним ее уровнем в кольцевом пространстве между трубками 1 и 3. При обратном ударе пламени вода из корпуса затвора вытесняется в трубку 1 и частично в воронку 5, заполняя собой всю трубку 1; этим создается гидравлический столб, препятствующий прохождению пламени через предохранительный затвор. По окончании обратного удара вода стекает в корпус затвора, и он снова готов к работе. Максимальное давление для такого затвора определяется высотой трубок 1 и 3 и обычно не превышает 0,01 МПа. Иногда для предотвращения уноса воды

и повышения надежности в работе газовый объем затвора заполняют керамическими кольцами.

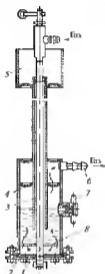


Рис. 3.4. Водяной затвор низкого давления открытого типа:
 1 — изолирующая трубка; 2 — съемное днище; 3 — наружная трубка; 4 — каллеоблоки; 5 — воронка; 6 — ниппель;
 7 — контрольный вентиль; 8 — рассекатель

Для генераторов и сварочных постов среднего давления (до 0,15 МПа) используют гидравлические затворы закрытого типа (рис. 3.5). Ацетилен проходит по трубке 1 через клапан 2 в корпус 3, заполненный водой до уровня контрольного крана 6, и через ниппель 5 поступает в горелку. При обратном ударе пламени давление в затворе резко повышается, вода давит на клапан 2 и закрывает его, отключая трубопровод подвода газа. Одновременно волна взрыва гасится при прохождении ее через узкую щель между стенкой корпуса затвора и краем диска 4.

В настоящее время промышленность выпускает предохранительные жидкостные затворы типа ЗСП-3 (рис. 3.6). Недостатком водяных предохранительных затворов является замерзание воды при работе на морозе. В зимнее время при работе на открытом воздухе в затвор

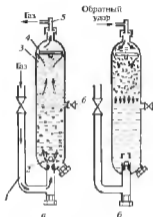


Рис. 3.5. Схемы работы затвора среднего давления закрытого типа: *а* — нормальная работа. 1 — трубка; 2 — клапан; 3 — корпус; 4 — диск; 5 — ниппель; 6 — кран контрольный; *б* — обратный удар

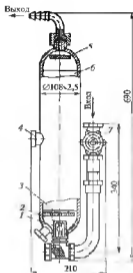


Рис. 3.6. Конструкция предохранительного жидкостного затвора ЗСП-3 для азотлана среднего давления: 1 — обратный клапан; 2 — распределительный колпачок; 3 — рассекатель; 4 — пробка; 5 — отбойник; 6 — корпус; 7 — вентиль

заливают морозоустойчивые смеси: 1) этиленгликоль — два объема, вода — один объем; 2) глицерин — два объема, вода — один объем.

Сухие предохранительные затворы типа ЗСЗ-1 можно эксплуатировать при любой температуре окружающей среды. Затвор ЗСЗ-1 (рис. 3.7, *а*) состоит из корпуса 1 и крышки 17, которые крепятся между собой шпильками 20. Между крышкой и корпусом установлены отбойник 16, пламегасящий элемент 19, мембрана 12 и клапан 4. Затвор приводится в рабочее состояние вводом штока 29. Газ по ниппелю 26 поступает в затвор, своим давлением отжимает мембрану 12 от штока 6 и через выходной ниппель поступает в горелку или резак.

При обратном ударе ударная волна пламени гасится на отбойнике 16, а пламя — в пламегасящем элементе 19. Мембрана 12 прижимается

давлением пламени к штоку *б* и закрывает доступ горячего газа в корпус затвора. Под давлением горячего газа мембрана давит на шток *б*, который перемещается вниз, в результате чего под действием пружины *23* клапан *4* закрывает входное отверстие для доступа газа в затвор. Пропускная способность затвора при температуре 20 °С и давлении 0,1 МПа (1 кгс/см²) — 5 м³/ч, рабочее давление поступающего газа 0,15 МПа (1,5 кгс/см²).

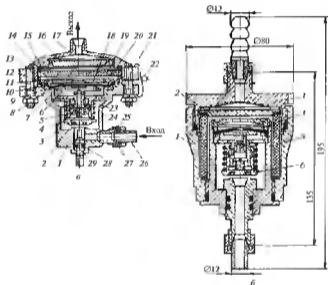


Рис. 3.7. Затворы сухого типа.

- а* — ЗСЗ-1: 1 — корпус, 2 — уплотнитель, 3, 23 — пружины; 4 — клапан, 5, 10, 13, 28 — кольца, 6, 29 — штоки, 7, 18 — шайбы, 8, 14 — прокладки, 9 — втулка фиксатора, 11 — винт; 12 — мембрана, 15, 20 — шпильки, 16 — отбойник, 17 — крышка, 19 — пламегасящий элемент; 21 — проволока, 22 — пломба, 24 — шарик, 25, 27 — гайки, 26 — сопло, *б* — ЗСУ-1: 1 — корпус блока пламегашения, 2 — отбойник; 3 — крышка, 4 — обратный клапан, 5 — пламегасящий элемент; 6 — отсекающий клапан

Для локализации взрывного распада ацетиленового газа высокого давления часто применяют огнепреградители типа ЗВП-1 (рис. 3.8). Основным элементом огнепреградителя — пламегаситель, состоящий из металлоке-

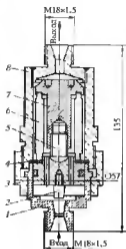


Рис. 3.8. Огнепреградитель типа ЗВП-1

1 — седло; 2 — фторопластовый клапан; 3 — гайка; 4 — мембрана; 5 — пружина;
6 — металлокерамический элемент; 7 — опорный шток; 8 — колпачок

рамического элемента, опорного штока и стяжки, на которой установлен фторопластовый клапан. Пламегаситель в сборе опирается на резиновую мембрану, края которой зашпемлены с помощью седла и гайки. При возникновении взрывного распада ацетилена под действием резко возросшего давления пламегаситель, деформируя мембрану, перемещается в сторону седла. При этом клапан перекрывает поток газа через огнепреградитель, и пламя локализуется в порах металлокерамического элемента.

3.4. Баллоны для сжатых газов, вентили для баллонов

Стальные баллоны малой и средней емкости для газов на давление до 20 МПа (200 кгс/см²) соответствуют требованиям ГОСТ 949—73.

Баллоны имеют различную вместимость газов с определенным давлением. Баллоны объемом до 12 дм³ (литров) относятся к баллонам

малой емкости. Баллоны объемом от 20 до 50 дм³ (литров) относятся к баллонам средней емкости.

Баллоны, предназначенные для хранения и перевозки сжатых, сжиженных и растворенных газов при температуре от минус 50 до плюс 60 °С изготавливают из бесшовных труб.

Баллоны, рассчитанные на рабочее давление 10, 15 и 20 МПа (100; 150 и 200 кгс/см²), изготавливают из углеродистой стали, а баллоны, рассчитанные на рабочее давление 15 и 20 МПа (150 и 200 кгс/см²) — из легированной стали.

Баллоны для кислорода выпускаются производством на расчетное давление 15 МПа (150 кгс/см²), а баллоны для ацетилена — на расчетное давление 10 МПа (100 кгс/см²).

Наибольшее распространение имеют баллоны емкостью 40 дм³ (литров). По требованию заказчика баллоны могут не окрашиваться. Тем не менее клеймо должно быть отчетливо видно на сферической части у горловины баллона. В таблице 3.1 приведены цвета условной окраски баллонов.

Таблица 3.1

Цвета условной окраски баллонов для хранения и транспортирования газов для газовой сварки и резки

Газ	Цвет окраски	Текст надписи	Цвет надписи
Ацетилен	Белый	Ацетилен	Красный
Водород	Темно-зеленый	Водород	Красный
Кислород	Голубой	Кислород	Черный
Пропан	Красный	Пропан	Белый
Прочие горючие газы	Красный	Наименование газа	Белый

Часть верхней сферы баллона не окрашивают и на ней выбивают паспортные данные: товарный знак предприятия-изготовителя; номер баллона; дату (месяц, год) изготовления и год следующего испытания, которые проводятся каждые пять лет; массу порожнего баллона в кг; емкость баллона в дм³ (л); клеймо ОТК.

Баллоны для кислорода (рис. 3.9) имеют массу 43,5 и 60 кг с длиной корпуса 1390 мм. Для подсчета количества кислорода в баллоне нужно емкость баллона в дм³ умножить на давление газа в кгс/см². Например, при емкости баллона 40 дм³ и давлении заправленного кислородом баллона 15 МПа (150 кгс/см²) количество кислорода в баллоне равно $40 \cdot 150 = 6000$ дм³, или 6 м³.

Нижней частью баллоны опираются на башмаки, чтобы избежать ударов по корпусу во время транспортирования и обеспечить устойчи-

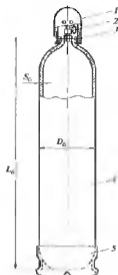


Рис. 3.9. Кислородный баллон:

- 1 — предохранительный колышек; 2 — запорный вентиль;
 3 — прокладка; 4 — корпус; 5 — опорный башмак; L_0 — длина баллона;
 D_0 — диаметр баллона; S_0 — толщина стенки баллона

вое вертикальное положение при установке на газовом посту. Верхняя часть баллонов также защищена от случайных ударов толстостенными колпаками.

Баллон на сварочном посту устанавливают вертикально и закрепляют цепью или хомутом для предохранения от падения. При кратковременных монтажных работах баллон можно укладывать на землю так, чтобы вентиль был выше башмака баллона, для этого верхнюю часть баллона опирают на деревянную подкладку с вырезом.

Баллон подготавливают к работе в таком порядке: открывают колпак, отвертывают заглушку штуцера; осматривают вентиль, чтобы убедиться, нет ли следов жира или масла. Если на вентиле замечено наличие масла, то таким баллоном пользоваться нельзя и сварщик должен отставить данный баллон и сообщить об этом мастеру или руководителю работ.

Штуцер исправного вентиля продувают кратковременным поворотом маховика на небольшой угол. При этом нужно стоять сбоку

от штуцера вентиля. Если вентиль не открывается или имеет утечку газа (травит), баллон следует отставить для отправления обратно на кислородный завод для ремонта.

Далее проверяют состояние накидной гайки редуктора и присоединяют редуктор к вентилю баллона, затем осаживают регулирующий винт редуктора. Медленным вращением маховика открывают вентиль баллона и устанавливают рабочее давление кислорода с помощью регулирующего винта редуктора. После этого можно производить отбор газа из баллона.

При понижении давления газа в редукторе газ охлаждается. Если в газе содержится влага, то может произойти замерзание каналов вентиля и редуктора. В этом случае вентиль и редуктор следует отогревать только горячей водой или паром.

Ацетиленовые баллоны (рис. 3.10) для безопасного хранения газа под высоким давлением заполняют специальной пористой массой из древесного угля, пемзы, инфузальной земли и пропитываются ацетоном, в котором ацетилен хорошо растворяется. Находясь в порах массы, растворенный в ацетоне ацетилен становится взрывобезопасным, и его можно хранить в баллоне под давлением до 2,5—3,0 МПа (25—30 кгс/см²). Номинальное давление в баллоне для ацетилена установлено 1,9 МПа (19 кгс/см²) при 20 °С.

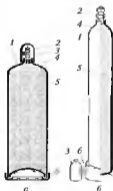


Рис. 3.10. Ацетиленовые баллоны: а — сварной БАС-1-58. б — бесшовный; 1 — корпус, 2 — запорный вентиль, 3 — предохранительный колпак, 4 — газовая полушуга; 5 — пористая масса с ацетоном, 6 — оловянный башмак

При открывании вентиля баллона ацетилен выделяется из ацетона и в виде газа выходит через редуктор в шланг горелки. Ацетон остается в порах массы и вновь растворяет ацетилен при последующих наполнениях баллонов газом. Ацетилен из баллонов по сравнению с ацетиленом из генератора обеспечивает большую безопасность при работе, имеет более высокую чистоту, меньше содержит влаги, обеспечивает более высокое давление газа перед горелкой или резаком.

Для определения количества ацетилена необходимо взвешивать пустой и наполненный баллоны. Пустые баллоны должны храниться с плотно закрытыми вентилями, чтобы избежать утечки ацетона.

Баллоны для пропан-бутана (рис. 3.11) изготавливают сваркой из листовой углеродистой стали с толщиной стенки 3 мм и емкостью 40 и 55 дм³ (литров), они рассчитаны на максимальное рабочее давление 1,6 МПа (16 кгс/см²).

Вентили для кислородных баллонов (рис. 3.12) изготавливают из латуни. Сталь для деталей вентиля, соприкасающихся с кислородом, применять нельзя, так как она сильно корродирует в среде сжатого влажного кислорода. В кислородном вентиле вследствие случайного попадания масла или при воспламенении от трения самодельной

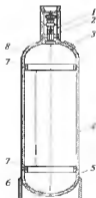


Рис. 3.11. Баллон для пропана и пропанобутановых смесей:
1 — вентиль, 2 — колпак, 3 — табличка паспорта баллона; 4 — корпус, 5 — днище; 6 — опорный башмак; 7 — изоляционные кольца, 8 — верхняя сфера

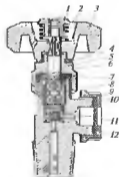


Рис. 3.12. Кислородный баллонный вентиль.

1 — гайка, 2 — пружина, 3 — маховик;
4, 7 — фибровые прокладки, 5 — шпindelъ, 6 — нахлестная гайка;
8 — муфта, 9 — корпус вентиля;
10 — шпindelъ, 11 — корпус клапана; 12 — уплотнитель

прокладки сальника возможно загорание стальных деталей, так как сталь может гореть в струе сжатого кислорода.

Кислородный вентиль (см. рис. 3.12) имеет сальниковое уплотнение с фибровой прокладкой 7, в которую буртиком упирается шпindelъ 5, прижимаемый пружиной 2, а при открытом клапане — давлением газа. Вращение маховика 3 передается клапану через муфту 8, насаживаемую на квадратные хвостовики шпинделя и клапана.

Ацетиленовые вентили (рис. 3.13) изготавливают из стали, применение которой в данном случае безопасно. Наоборот, в ацетиленовых вентилях запрещается применять медь и сплавы, содержащие более 70% меди, так как с медью ацетилен может образовывать взрывчатое соединение — ацетиленистую медь. К ацетиленовому вентилю редуктор присоединяют хомутом, снабженным винтом. Шпindelъ вращают торцовым ключом, надеваемым на квадратный конец шпинделя. Нижняя часть шпинделя 5 имеет вставку из эбонита и служит клапаном. Для уплотнения сальника 3 применяют набор кожаных колец. В хвостовик вентиля вставляют сетку 7.

Вентили для пропан-бутана (рис. 3.14) состоят из стального корпуса 1, клапана 14 и шпинделя 10, соединенных через прокладку 4, которая обеспечивает герметичность сальниковой гайки.

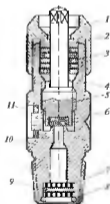


Рис. 3.13. Ацетиленовый blow-off вентиль.

1 — сальниковая гайка; 2 — шайба; 3 — сальниковые прокладки; 4 — сальниковое кольцо; 5 — шпindelъ; 6 — уплотнитель; 7 — сетка; 8 — привинчивающее кольцо; 9 — корпус; 10 — корпус; 11 — прокладка штуцера

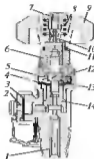


Рис. 3.14. Промысловый баллонный вентиль:
 1 — корпус, 2 — заглушка, 3, 4 — прокладки, 5 — букса,
 6 — накладная гайка, 7 — гайка; 8 — пружина, 9 — мембрана,
 10 — шпindel; 12 — шток; 13 — шайба; 14 — клапан

Различные конструкции кислородных и ацетиленовых вентиляей, как и различная окраска баллонов, предупреждают возможность ошибочного наполнения ацетиленом кислородного баллона и наоборот. Ошибка представляет большую опасность, так как может привести к взрыву баллонов при наполнении их не тем газом, для которого они предназначены.

3.5. Редукторы для сжатых газов

Газовый редуктор предназначен для понижения давления газа, поступающего из баллона или газопровода, и стабилизации расхода и давления на выходном ниппеле. Редукторы бывают прямого действия, когда давление поступающего газа стремится открыть клапан, через который газ входит в рабочую камеру редуктора, и обратного действия, когда это давление стремится закрыть клапан. У редуктора прямого действия рабочее давление по мере расхода газа из баллона несколько снижается. Это падающая характеристика редуктора. У редуктора обратного действия характеристика возрастающая (с уменьшением давления газа в баллоне рабочее давление на выходе из редуктора повышается). Более удобными и безопасными в эксплуатации являются редукторы обратного действия.

По роду газа редукторы делятся на кислородные, ацетиленовые, пропанобутановые и метановые. Внешне они друг от друга отлича-

ются окраской, цвет которой должен быть таким же, как и у баллона для данного газа. Другое отличие — конструкции присоединительных устройств для крепления редукторов к баллону. У ацетиленовых редукторов это хомут с упорным винтом, у остальных редукторов — накидная гайка с резьбой, соответствующей резьбе на вентиле баллона.

По схемам редуцирования редукторы выполняют одноступенчатыми (однокамерными) и двухступенчатыми (двухкамерными), в которых давление снижается в два этапа. Принцип действия всех редукторов одинаков. На рисунке 3.15 приведены схемы однокамерных редукторов прямого и обратного действия. Снижение давления сжатого газа обеспечивается посредством дросселирования его через редуцирующий клапан.

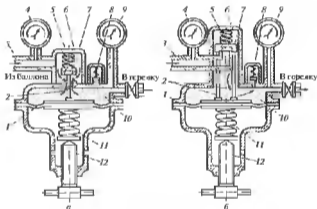


Рис. 3.15. Схемы однокамерных редукторов:

- a* — обратного действия. *б* — прямого действия; 1 — мембрана; 2 — передаточный диск со штифтом, 3 — штуцер впуска газа, 4 — манометр высокого давления, 5 — вспомогательная пружина, 6 — камера высокого давления, 7 — редуцирующий клапан, 8 — предохранительный клапан, 9 — манометр низкого (рабочего) давления; 10 — камера низкого давления; 11 — главная наклонная пружина, 12 — регулировочный винт

Для поддержания давления газа в рабочей камере на постоянном уровне служит гибкая мембрана, на одну сторону которой действует давление этого газа (рабочее давление), а на другую — усилие главной регулировочной пружины или установочное давление (в редукторах с беспружинным регулированием рабочего давления).

При изменении давления газа в рабочей камере редуктора мембрана деформируется соответствующим образом, увеличивая или уменьшая площадь проходного сечения редуцирующего клапана, что, в свою очередь, приводит к уменьшению или увеличению степени дросселирования газа. При уменьшении проходного сечения клапана расход газа уменьшается, а степень дросселирования возрастает, при увеличении сечения — наоборот. В редукторе обратного действия давление газа до редуцирования действует на клапан сверху, стремясь закрыть его (рис. 3.15, *а*), тогда как в редукторе прямого действия — снизу, стремясь открыть его (рис. 3.15, *б*). Наиболее широкое применение находят редукторы обратного действия, так как они компактнее, проще по конструкции, имеют меньше деталей и надежнее в работе. Это объясняется тем, что в редукторах обратного действия упрощается связь редуцирующего клапана с мембраной и, кроме того, основная рабочая характеристика — зависимость давления газа на выходе от расхода газа из баллона — возрастающая, а у редукторов прямого действия — падающая.

Присоединять редуктор к баллону нужно при вывернутом до отказа винте 12, предварительно продув отверстие вентиля баллона, открыв его на 1—2 с и убедившись, что на резьбе вентиля и гайки редуктора нет грязи и следов масла.

Промышленностью выпускаются редукторы однокамерные (рис. 3.16) и двухкамерные (рис. 3.17). В двухкамерных (двухступенчатых) редукторах давление понижается в двух ступенях: в первой ступени давление понижается с начальной величины 15 МПа (150 кгс/см²) до промежуточного значения 4 МПа (40 кгс/см²), а во второй — до конечного рабочего давления 0,3—1,5 МПа (3—15 кгс/см²). Двухступенчатые редукторы обеспечивают практически постоянное давление газа на горелке и менее склонны к «замерзанию», однако они сложнее по конструкции, чем однокамерные и значительно дороже.

На газовые редукторы питания постов и установок газовой сварки, резки, пайки, наплавки, нагрева и других процессов газопламенной обработки распространяются требования ГОСТ 13861—89. Срок службы редукторов определен в 4,5—7,5 лет. Выпускаются 17 типов редукторов, но наиболее широкое распространение получили около 10 типов.

Маркируют редукторы буквами и цифрами. Буквы означают: Б — баллонный; С — сетевой; Р — рамповый; А — ацетилен; В — водород; К — кислород; М — метан; П — пропан; О — одна ступень с пружинным заданием; Д — две ступени с пружинным заданием; З — одна ступень с пневматическим задатчиком. Цифры указывают наибольшую

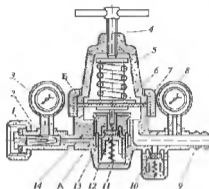


Рис. 3.16. Одноступенчатый кислородный редуктор БКО-50: 1 — накидная гайка, 2, 13 — фильтры, 3, 8 — манометры, 4 — регулировочный винт; 5 — нажимная пружина, 6 — толкатель, 7 — мембрана, 9 — наплеватель, 10 — предохранительный клапан, 11 — запорная грузинка, 12 — регулирующий клапан, 14 — седло; А — камера высокого давления, Б — рабочая камера

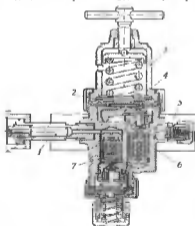


Рис. 3.17. Двухступенчатый кислородный редуктор БКД-50: 1 — штуцер входа газа; 2 — мембрана; 3 — стальная пружина; 4 — рычаг; 5 — предохранительный клапан; 6 — регулирующий клапан второй ступени; 7 — регулирующий клапан первой ступени

пропускную способность редукторов в метрах кубических в час. Каждому типу редуктора соответствует одна или несколько марок. Редукторы изготавливают по ГОСТ 6268—78 для работы в различных климатических условиях.

Баллонные и сетевые редукторы для кислорода, водорода и ацетилена применяют для работы при температуре от -25 до $+50$ °С. Баллонные и сетевые редукторы для пропана и метана применяют для работы при температуре от -15 до $+45$ °С.

Корпуса редукторов окрашиваются в тот же цвет, что и баллоны: кислородный — в голубой, ацетиленовый — в белый, пропановый — в красный. Ацетиленовые редукторы по принципу действия подобны кислородным. Отличие их состоит в способе присоединения к вентилю баллона. Перед присоединением редуктора к вентилю баллона необходимо продуть штуцер вентиля; убедиться в исправности прокладки на штуцере редуктора и резьбы накладной гайки редуктора, в отсутствии на них загрязнений.

Присоединив редуктор к вентилю, полностью остябливают регулирующий винт редуктора, а затем открывают вентиль баллона, следя за показаниями манометра высокого давления. Рабочее давление устанавливают вращением регулирующего винта по ходу часовой стрелки. Когда давление достигнет заданной величины, можно пустить газ в горелку. Манометры редуктора должны быть исправны и проверены.

3.6. Трубопроводы и шланги для горючих газов и кислорода

При значительном расходе кислорода его следует подавать в сварочный цех по трубопроводу от батареи кислородных баллонов. Для этой цели применяют газораспределительные рампы.

Баллоны устанавливаются в одну или две группы, присоединяются гибкими медными трубками к трубам — коллекторам через вентили. Каждый коллектор имеет по главному запорному вентилю. Когда из одного коллектора отбирают газ, то ко второму присоединяют новые баллоны, наполненные газом. Вентили позволяют отсоединять каждый баллон от рампы, не прерывая отбора газа от остальных баллонов. Рампа имеет центральный редуктор для понижения давления газа, подаваемого в цех по трубопроводу.

Рампы устанавливают в отдельном изолированном помещении. Баллоны с кислородом на давление до 15 МПа (150 кгс/см²) присоеди-

няют к рампе медными трубками с наружным диаметром 8 мм, толщиной стенки 1,5 мм и внутренним диаметром 5 мм.

Рукава (шланги) служат для подвода газа в горелку или резак. Рукава резиновые для газовой сварки и резки металлов изготавливаются по техническим условиям ГОСТ 9356—75 или по требованиям международного стандарта, регистрационный № ИСО 3821—77. Требования ГОСТ 9356—75 распространяются на резиновые рукава с нитяным каркасом, применяемые для подачи под давлением ацетилена, городского газа, пропана, бутана, жидкого топлива и кислорода к инструментам для газовой сварки или резки металлов. Рукава работоспособны в районах с умеренным и тропическим климатом при температуре окружающего воздуха от -35 до $+70$ °С и в районах с холодным климатом — от -55 до $+70$ °С.

В зависимости от назначения резиновые рукава подразделяются на следующие классы:

- для подачи ацетилена, городского газа, пропана и бутана под давлением 0,63 МПа (6,3 кгс/см²);
- для подачи жидкого топлива: бензина А-72 по ГОСТ 2084—77, уайт-спирита по ГОСТ 3134—78, керосина или их смеси под давлением 0,63 МПа (6,3 кгс/см²);
- для подачи кислорода под давлением 2МПа (20 кгс/см²) и 4МПа (40 кгс/см²).

Если перед аббревиатурой ГОСТ стоит буква Т, то такие рукава применяют для работы в районах с тропическим климатом, если буквы ХЛ — для работы в районах с холодным климатом.

В зависимости от назначения рукава его наружный слой должен быть покрашен около места маркировки в соответствующий цвет:

- красный цвет — рукав класса I для ацетилена, городского газа, пропана и бутана;
- желтый цвет — рукав класса II для жидкого топлива;
- синий цвет — рукав класса III для кислорода.

На каждом рукаве по всей длине с интервалами наносится маркировка методом тиснения и цветной краской.

Трубопроводы для подачи ацетилена прокладывают из стальных бесшовных труб, соединяемых сваркой. Ацетиленовый трубопровод окрашивают в белый цвет.

Внутренний диаметр ацетиленопровода среднего давления 0,01—0,15 МПа (0,1—1,5 кгс/см²) не должен превышать 50 мм; ацетиленопровода высокого давления более 0,15 МПа (1,5 кгс/см²) — 20 мм. При большом расходе газа прокладывают два и более параллельных трубопровода

По стенам и колоннам трубопровод прокладывают на высоте не менее 2,5 м от пола. Для стока конденсата трубопроводу придают уклон 0,002 в сторону влагосборника. Отводы от главной трубы к постовым затворам делают из труб с внутренним диаметром 13 мм ($1/2$ дюйма).

Трубопроводы для кислорода под давлением 1,5 МПа (15 кгс/см²) изготавливают из стальных газовых шовных (усиленных), бесшовных или электросварных труб. При давлении от 1,5 до 6,4 МПа (15–64 кгс/см²) применяют только стальные бесшовные трубы. При давлении более 6,4 МПа (64 кгс/см²) применяют медные или латунные цельнотянутые трубы, так как при высоком давлении может произойти загорание стальной трубы в кислороде от искры при трении частиц окалины о стенки трубы, случайного попадания и самовоспламенения масла, загорания прокладок и других явлений, связанных с местным выделением тепла.

Кислородопроводы окрашивают в голубой цвет. При прокладке кислородопровода в земле применяют стальные бесшовные трубы независимо от давления газа.

При совместной прокладке кислородопровод располагают ниже ацетиленопровода, с расстоянием между ними не менее 250 мм и высотой от уровня пола не менее 2,5 м.

3.7. Горелки для газовой сварки

Горелка — устройство, предназначенное для получения устойчиво горящего пламени необходимой тепловой мощности, размеров и формы. Конструкция горелок обеспечивает смешение горючих газов и кислорода в требуемых соотношениях и плавное регулирование мощности пламени и состава горючей смеси. Все существующие конструкции газопламенных горелок можно классифицировать следующим образом:

- по способу подачи горючего газа в смесительную камеру — инжекторные и безинжекторные;
- мощности пламени — микромощные (10–60 л/ч ацетилена), малой мощности (25–400 л/ч ацетилена), средней мощности (50–2800 л/ч ацетилена) и большой мощности (2800–7000 л/ч ацетилена);
- назначению — универсальные (сварка, резка, пайка, наплавка, подогрев) и специализированные (только сварка или только подогрев);