

В.Г. Лупачёв С.В. Болотов

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ СВАРОЧНОЙ ДУГИ



В.Г. Лупачёв С.В. Болотов

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ СВАРОЧНОЙ ДУГИ

Рекомендовано
учреждением образования
«Республиканский институт профессионального образования»
Министерства образования Республики Беларусь
в качестве пособия для учащихся учреждений
образования, реализующих образовательные программы
профессионально-технического образования
по специальности «Технология сварочных работ»



Минск
«Вышэйшая школа»
2013

УДК 621.791.75

ББК 34.641

Л85

Рецензенты: методическая комиссия преподавателей и мастеров производственного обучения металлообрабатывающих профессий УО «Бобруйский государственный машиностроительный профессионально-технический колледж» (директор колледжа *В.Н. Аухев*); доктор технических наук, профессор *Л.С. Денисов*

Выпуск издания осуществлен при финансовой поддержке Министерства образования Республики Беларусь.

Все права на данное издание защищены. Воспроизведение всей книги или любой ее части не может быть осуществлено без разрешения издательства.

Лупачёв, В. Г.

Л85 Источники питания сварочной дуги : пособие / В. Г. Лупачёв, С. В. Болотов. — Минск : Вышэйшая школа, 2013. — 207 с.: ил.

ISBN 978-985-06-2366-9.

Представлены сведения о современных источниках питания сварочной дуги для ручной дуговой сварки, механизированной и автоматической сварки и наплавки в защитных газах и под флюсом, электрошлаковой и плазменной сварки. Описаны устройства сварочных трансформаторов, выпрямителей, генераторов, преобразователей, а также инверторных и специализированных источников питания. Показаны особенности выбора, эксплуатации и технического обслуживания источников питания различного типа. Изложены требования безопасности при эксплуатации источников питания.

Для учащихся учреждений профессионально-технического образования, будет полезно учащимся учреждений среднего специального образования, студентам учреждений высшего образования, а также специалистам сварочного производства.

УДК 621.791.75

ББК 34.641

ISBN 978-985-06-2366-9

© Лупачёв В.Г., Болотов С.В., 2013

© Оформление. УП «Издательство “Вышэйшая школа”», 2013

ОТ АВТОРОВ

Сварка широко используется при изготовлении и ремонте различных металлических конструкций в машиностроении, строительстве, энергетике, при сооружении трубопроводов различного назначения и др.

Постоянно совершенствуются сварочное оборудование и сварочные технологии. Ежегодно возрастают объемы применения сварочных работ. Это обуславливает необходимость использования современных источников питания сварочной дуги. В последние годы разработаны и широко применяют в промышленности при изготовлении сварных конструкций новые высокоэффективные энергосберегающие источники питания сварочной дуги.

Высокий технический уровень сварочного производства предполагает и высокий уровень общеобразовательной и специальной подготовки сварщиков.

В пособии содержатся сведения, которые позволят сварщикам изучить устройство и принципы действия сложных современных источников питания и эффективно их использовать для различных сварочных работ.

В главе 1 описана сварочная дуга, даны сведения об источниках ее питания, классификация и обозначение источников питания, приведены требования к источникам питания и рассмотрены основные параметры источников питания. В главах 2–5 изложены устройство, принципы действия и назначение различных источников питания. Даны необходимые сведения о принципах действия различных устройств, входящих в конструкции источников питания, что облегчит понимание их устройства и принципов работы. Представлены технические характеристики различных источников питания, а также их внешний вид. Глава 6 содержит сведения по выбору и особенностям эксплуатации источников питания сварочной дуги, а также требования безопасности при их эксплуатации. В главе 7 приведены краткие сведения из электротехники и электроники, позволяющие лучше понимать изложенные темы.

В конце каждой главы даны тестовые задания для самопроверки изученного материала.

Цель данного пособия – помочь сварщикам в изучении различных сложных по конструкции и устройству современных источников питания сварочной дуги.

Введение, главы 1, 2, 6 написаны В.Г. Лупачёвым, главы 4, 5, 7 – С.В. Болотовым, глава 3 написана авторами совместно.

Пособие предназначено для обучения сварщиков в учреждениях профессионально-технического образования, может быть использовано при подготовке и повышении квалификации сварщиков на производстве, при самостоятельном изучении и освоении современного сварочного оборудования, а также при подготовке к аттестации и сертификации сварщиков.

ВВЕДЕНИЕ

С момента своего появления человек наблюдал мощные атмосферные электрические разряды, их световое и тепловое действие. Однако прошло очень много лет, прежде чем наука позволила использовать электрическую энергию для разогрева и плавления металлов.

Главной проблемой было отсутствие мощного источника электрической энергии. В 1779 г. итальянский ученый *Алессандро Вольта* изобрел первый химический источник тока, который был представлен в виде сосуда с соленой водой и опущенными в него цинковой и медной пластинками. Собранный источник был назван *вольтовым столбом*.

В 1802 г. русский ученый *Василий Владимирович Петров* с помощью созданного им крупнейшего для того времени вольтова столба смог зажечь *электрическую дугу* между двумя кусочками древесного угля. Заменяя один из угольков металлической проволокой, Петров заметил, что вспыхивающая электрическая дуга быстро ее расплавляет. Так ученый пришел к выводу о возможности использования электрической дуги для плавления металлов.

Химические источники не позволяли вырабатывать электроэнергию в достаточном количестве, и практическое использование электрической дуги было отложено.

В 1821 г. знаменитым английским ученым *Майклом Фарадеем* был открыт принцип электромагнитной индукции. Это позволило ему создать *электромагнитный генератор*, преобразовывающий механическое движение в электрический ток. Изобретение мощных электромагнитных генераторов послужило толчком для использования электричества в промышленности. При этом требовалась технология, позволяющая осуществлять быстрое и дешевое сваривание металлов.

Многие ученые пытались применить высокую температуру электрической дуги для сваривания металлов, но только в 1891 г. русскому изобретателю *Николаю Николаевичу Бенардосу* удалось разработать промышленно пригодный способ электродуговой сварки металлов. Он использовал присадочный пруток, расплавляемый в пламени дуги, горячей между угольным электродом и изделием. Для питания сварочной дуги Бенардос использовал *аккумуляторы* собственной конструкции, заряжаемые от слабого электрического генератора.

В 1888 г. русский инженер-изобретатель *Николай Гаврилович Славянов* разработал новый способ сварки с помощью металлического плавящегося электрода. Замена угольного электрода металлическим позволила значительно повысить качество соеди-

нения. Славянов изготовил *генератор постоянного тока*, обеспечивающий «напрямую» питание процесса сварки.

После того как начали разрабатывать специальные источники, учитывающие особенности дуговой сварки, еще в отдельных случаях несколько десятилетий использовали источники тока обоих изобретателей.

Однако известные к началу XX в. генераторы общего назначения имели серьезные *недостатки*:

- низкий КПД;
- недостаточную устойчивость дуги;
- сложность управления.

Перед электротехниками возникла задача создания *специальных сварочных генераторов*, обладающих лучшими эксплуатационными характеристиками. Первый специальный сварочный генератор разработал австрийский профессор Э. Розенберг в 1905 г. Это был один из самых первых шагов в развитии регулируемых источников питания. В 1907 г. на заводе Lincoln Electric (США) был выпущен *генератор с изменяемым напряжением*.

Почти одновременно с разработкой специальных генераторов для сварки были созданы *моторы* для их вращения. Появились производственные *электрические, бензиновые и керосиновые двигатели*. Некоторые из них были самоходными, часть снабжали компрессорами для пневматического оборудования. Такие установки применяли для дуговой сварки в полевых условиях еще с 1910 г. Во время Первой мировой войны в войсках Германии, Великобритании и США использовали грузовики, оборудованные сварочными генераторами.

Электротехники в разных странах мира пытались осваивать *переменный ток для дуговой сварки*. Его применение сулило большие *преимущества*, и в первую очередь – упрощение источников энергии. *Недостатками* являлись низкое качество сварного соединения и трудность поддержания горения дуги. Разработанные штучные электроды с обмазкой, в состав которой входили вещества с низким потенциалом ионизации (калий, натрий, кальций), позволяли облегчить возбуждение и поддержание дугового разряда.

Для сварки на переменном токе использовалось специальное электромагнитное устройство, предназначенное для преобразования переменного напряжения сети в переменное напряжение необходимое для сварки – *трансформатор*.

Первые трансформаторы для дуговой сварки на переменном токе были выпущены в 1923 г. фирмой «Веко», сначала небольшой мощности, а спустя два года – на силу тока до 1000 А при напряжении 90 В. Трансформаторы оказались проще в управлении и дешевле в изготовлении, чем генераторы.

В России серийное производство источников питания для дуговой сварки (генераторов и трансформаторов) началось в 1924 г. на заводе «Электрик» (Петроград) под руководством *Василия Петровича Никитина*.

Дальнейшее развитие электросварочного машиностроения связано, главным образом, с созданием новых способов и разновидностей сварки. В 1930-х гг. в США был разработан *способ аргонодуговой сварки вольфрамовым электродом*, для которого источник питания был дополнительно укомплектован горелкой и газовой аппаратурой. К концу 1930-х гг. в Институте электросварки (Киев) под руководством *Евгения Оскаровича Патона* были разработаны *установки для автоматической сварки под флюсом*, хорошо зарекомендовавшие себя в Великую Отечественную войну (1941–1945) при изготовлении военной техники.

Другое направление качественного совершенствования источников связано с появлением новой элементной базы. Успехи в развитии полупроводниковой техники позволили перейти в начале 1950-х гг. к выпуску *сварочных выпрямителей* взамен генераторов, что улучшило энергетические показатели источников.

В 1950-х гг. московскими учеными *Константином Васильевичем Любавским* и *Николаем Михайловичем Новожиловым* был изобретен способ механизированной сварки в углекислом газе и предложены первые *полуавтоматы*.

К концу 1950-х гг. в Институте электросварки коллективом ученых под руководством *Георгия Зосимовича Волошкевича* была разработана технология *электрошлаковой сварки* и создано оборудование для ее реализации — аппараты и мощные трансформаторы с витковым регулированием.

С появлением силовых управляемых вентилях — *тиристоров* — в 1960-х гг. стали выпускаться *универсальные выпрямители*, а позднее *трансформаторы с электрическим фазовым управлением*. Это позволило плавно регулировать сварочный ток, получать требуемые внешние характеристики источника.

С начала 1980-х гг. в сварочных источниках стали использоваться *силовые транзисторы*, существенно улучшающие такие сварочные свойства, как характер переноса электродного металла, настройка и стабильность параметров режима. На базе управляемых вентилях (тиристоров и транзисторов) созданы выпрямители с промежуточным высокочастотным звеном — *инвертором*, что позволило существенно уменьшить их массу и габариты и улучшить динамические свойства источника.

В 1977 г. на рынке сварочного оборудования появился источник питания *Hiigk-250* финской фирмы *Kemppi*, собранный на базе *скоростных тиристоров*, обеспечивших преобразование постоянного тока в переменный с частотой 2–3 кГц. Это стало началом развития *инверторных источников питания* в сварочной

технике. Если у обычных сварочных выпрямителей отношение сварочного тока к единице массы около 1–1,5 А/кг, то у инверторов на скоростных тиристорах этот показатель равен 4–5 А/кг.

С появлением *модульных биполярных транзисторов с изолированным затвором* (IGBT – *Insulated-gate bipolar transistor*) сварочные трансформаторы стали работать на частоте до 20 кГц. При этом отношение сварочного тока к единице массы источника питания повысилось вдвое. На базе IGBT-транзисторов стали выпускать маленькие бытовые источники питания для различных способов дуговой сварки.

Последующая стадия развития сварочных инверторов связана с появлением в 1990-х гг. *полевых МОП* (металл–оксид–полупроводник)-*транзисторов* серии MOSFET (*metal–oxide–semiconductor–field–effect–transistor*). Частота за счет силовых полевых транзисторов повысилась до нескольких десятков килогерц. На их базе шведская фирма ESAB стала выпускать установки для ручной дуговой сварки Power Invert-315 с частотой 24 кГц и малогабаритные источники Caddi-130, 140 и 200. Дальнейшее развитие инверторной техники пошло по пути совершенствования MOSFET-транзисторов. Выпущенный той же фирмой источник Caddi-250 массой 11 кг работал на частоте 49 кГц. В 2001 г. в Эссене фирма КЕМПИ продемонстрировала малогабаритные переносные сварочные инверторы Minarc-110 и 140 массой 4,2 кг и рабочей частотой 80 кГц.

Революционный прогресс в разработке источников питания принесли *системы с полностью цифровым управлением*. Применение такого оборудования позволяет легко механизировать и автоматизировать не только процесс сварки, но и весь технологический процесс производства сварных конструкций. Появляется возможность выполнять контроль над точным соблюдением режимов и технологии сварки. Такой подход обусловил появление на рынке принципиально новых *сварочных аппаратов с синергетическим управлением*. Сварщику требуется на панели источника выбрать программу сварки по виду свариваемого материала, диаметру проволоки, составу защитного газа, а синергетика выставляет заранее подобранный оптимальный режим сварки и контролирует его соблюдение. Такая интеллектуальная система не требует высокой квалификации сварщика. Один из первых полностью цифровых источников – TSP 5000 австрийской фирмы FRONIUS – инверторный преобразователь на основе MOSFET-транзисторов с рабочей частотой 100 кГц. При диапазоне сварочного тока 3–500 А источник имеет массу 35,6 кг, что в 10 раз меньше традиционного выпрямителя. Инверторы с синергетическим управлением выпускает ряд фирм: ESAB (Швеция), КЕМПИ (Финляндия), FRONIUS (Австрия), LINCOLN ELECTRIC (США), MERKLE (Германия) и др.

Мировое производство оборудования для дуговой сварки к 2012 г. превысило 5 млрд дол., из них около 80% приходится на инверторные источники. Их доля как наиболее перспективных с каждым годом увеличивается.

В странах СНГ ручная дуговая сварка занимает до 70% от общего объема. В тоже время ее уровень должен составлять не более 20%, механизированной — 40–60%. Остальную часть должна занимать автоматическая сварка.

В прогнозах развития сварочного производства в странах СНГ не отмечается существенного количественного роста производства сварочных источников — в этом нет необходимости. Основным направлением их развития является качественное совершенствование. Будет меняться структура выпуска источников, при этом существенно снизится доля трансформаторов, возрастет доля выпрямителей, особенно инверторных и транзисторных, значительно увеличится номенклатура и объем выпуска специализированных источников. Непрерывно ведется работа по улучшению сварочных свойств источников. Необходимо решить вопросы улучшения возбуждения дуги и уменьшения разбрызгивания металла, управления переносом электродного металла и формирования шва.

ГЛАВА 1. СВАРОЧНАЯ ДУГА И ИСТОЧНИКИ ЕЕ ПИТАНИЯ

1.1. Общие сведения об источниках питания

Нагрев металла при дуговой сварке происходит за счет тепловой энергии электрической дуги или шлаковой ванны. Для получения сварного соединения с надлежащими прочностными и иными характеристиками необходимо правильно выбрать энергетические параметры источника нагрева — дуги или шлаковой ванны — и добиться стабильности протекания процесса. Стабильность как дугового, так и электрошлакового процесса зависит от большого числа факторов и в том числе — от параметров электрической сварочной цепи.

В общем случае *сварочная цепь* содержит три элемента:

- преобразователь энергии;
- регулятор режима сварки;
- потребитель энергии (нагрузка R_n), в котором происходит дозируемое регулятором преобразование электрической энергии в тепловую (рис. 1.1).

Источником энергии (ИЭ) может служить:

- электрическая сеть переменного напряжения (380/220 В, с частотой 50 Гц) — источник электрической энергии;

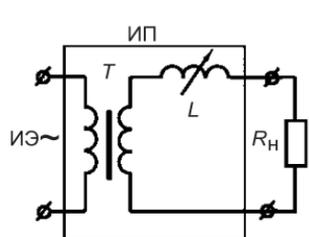


Рис. 1.1. Простейшая схема источника питания со сварочным трансформатором

или шлаковая ванна. Устройство, к которому подключаются зажимы потребителя (нагрузки), принято называть *источником питания* (ИП).

В данном примере род энергии (электрическая) в процессе преобразования трансформатором не изменяется. Для безопасности работы использование непосредственно энергии электрической сети для сварки не представляется возможным. По-

- двигатель (внутреннего сгорания или электродвигатель) — источник механической энергии.

Конструктивно преобразователь энергии и регулятор режима сварки могут быть выполнены весьма разнообразно. В простейшем случае источник энергии — это электрическая сеть переменного тока, преобразователь — понижающий трансформатор T , регулятор режима — дроссель с регулируемой индуктивностью L (см. рис. 1.1). Потребитель энергии (нагрузка) — это электрическая сварочная дуга

этому трансформатор необходим, прежде всего, для снижения напряжения до приемлемой величины. Одновременно трансформатор осуществляет преобразование тока, что позволяет питать дугу токами в сотни ампер от сети в несколько десятков ампер. Сварочные трансформаторы конструируют так, чтобы они одновременно выполняли и функцию регулирования режима (изменения напряжения на дуге и сварочного тока).

Преобразователь и регулятор являются основными, но не единственными элементами источника питания. Современные источники содержат также ряд устройств и систем, обеспечивающих надлежащее ведение технологического процесса и нормальное функционирование самого источника питания. К такому можно отнести:

- пусковую аппаратуру (реле, магнитные пускатели, электропневматические клапаны);
- контрольно-измерительную аппаратуру и элементы индикации;
- устройства для возбуждения дуги и стабилизации режима сварки, обеспечения необходимой последовательности прохождения элементов сварочного цикла;
- систему охлаждения силовых элементов источника;
- системы защиты элементов источника питания от коротких замыканий, перегрузок и перенапряжений.

Таким образом, источник питания для электрической сварки представляет собой достаточно сложное электрическое устройство. Помимо основных (преобразование и дозирование поступающей к потребителю энергии) он выполняет целый ряд вспомогательных функций.

Сварка может выполняться на постоянном и переменном токе как при непрерывной, так и при импульсной подаче энергии. В зависимости *от вида электрической энергии и характера ее преобразования* различают следующие типы источников питания:

- **трансформатор** служит для понижения переменного напряжения сети до необходимого при сварке;
- **выпрямитель** предназначен для преобразования энергии сетевого переменного тока в энергию постоянного сварочного тока;
- **инверторный преобразователь** служит для преобразования энергии постоянного тока в энергию переменного тока с заданной формой импульсов, частотой, амплитудой и выходным напряжением;
- **генератор** предназначен для преобразования механической энергии вращения в электрическую энергию постоянного тока.

На базе генераторов разработаны:

- **преобразователи**, представляющие комбинацию трехфазного асинхронного двигателя переменного тока и сварочного генератора и, следовательно, преобразующие сетевую энергию в используемую для сварки энергию постоянного тока;

- **агрегаты**, представляющие комбинацию двигателя внутреннего сгорания и генератора постоянного тока. Для получения сварочного тока используется химическая энергия сгорания жидкого топлива.

1.2. Способы дуговой и электрошлаковой сварки и их источники питания

1.2.1. Ручная дуговая сварка покрытыми электродами

Ручной дуговой сваркой (ММА – *Manual Metal Arc*) в странах СНГ изготавливается более 70% сварных конструкций.

Ручную дуговую сварку выполняют *штучными электродами с покрытием* (рис. 1.2). Электрод состоит из сварочной проволоки 1 и покрытия 2. Дуга 3, горящая между покрытым электродом и кромками свариваемых деталей 4, нагревает и расплавляет их. Электродный металл переносится к свариваемым деталям в виде капель. При смешивании расплавленного основного и электродного металлов образуется сплав, называемый *металлом шва* 5. При плавлении электродного покрытия образуются газы и шлак, защищающие расплавленный металл от непосредственного контакта с атмосферой. По мере удаления дуги, при перемещении электрода со скоростью V_{CB} , сварочная ванна остывает с образованием сварного шва 6 и шлаковой корки 7 на его поверхности.

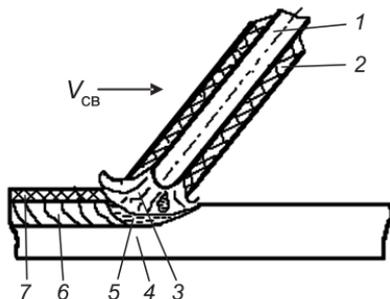


Рис. 1.2. Схема процесса ручной дуговой сварки (ММА)

Сварочный пост (рис. 1.3) должен иметь источник питания 1 с кабелями. Один из внешних зажимов источника соединяется с электрододержателем 5, а второй – со сварочным столом 2. Пост оборудован вытяжной верхней вентиляцией 3 и нижней вентиляцией 4 в виде щелей в столе (применяется при сварке в защитных газах, которые тяжелее воздуха).

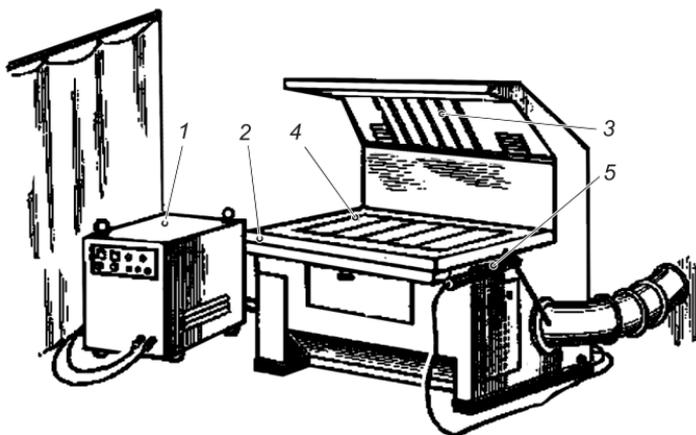


Рис. 1.3. Общий вид стационарного поста для ручной дуговой сварки (ММА)

Сваркой ММА сваривают конструкции из малоуглеродистых и низколегированных сталей в любом пространственном положении, а также и легированные стали, цветные металлы и сплавы. Большая оперативность способа позволяет производить сварку во многих ситуациях (при авариях, ремонте в полевых условиях и т.п.). Сварку ММА выгодно выделяет простота процесса и оборудования.

К недостаткам сварки ММА следует отнести:

- низкую производительность;
- тяжелые условия труда (повышенное выделение токсичных газов и дыма, тепловое, световое электромагнитное излучение и т.д.).

Для ручной дуговой сварки применяются источники как переменного, так и постоянного тока: сварочные трансформаторы, сварочные агрегаты, сварочные выпрямители, инверторные источники питания.

1.2.2. Механизированная и автоматическая дуговая сварка плавящимся электродом

Сущность процесса механизированной и автоматической дуговой сварки плавящимся электродом (MIG – *Metal Inert Gas* / MAG – *Metal Active Gas*) заключается в том, что в зону действия сварочной дуги подается непрерывно защитный газ с помощью специальной сварочной горелки. Эта локальная (местная) защита (рис. 1.4) от вредного воздействия воздуха создается потоком газа 1, который истекает из сопла 2, расположенного концентрически относительно сварочного электрода 3. Дуга горит между электродом и изделием 5, образуя сварочную ванну 4.

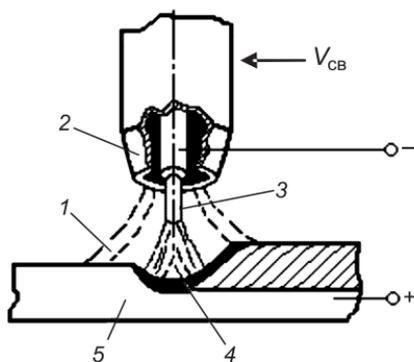


Рис. 1.4. Схема дуговой сварки плавящимся электродом в среде защитного газа (MIG/MAG)

При этом используют керамическое или медное охлаждаемое водой сопло.

Защитной средой служат газы:

- инертные (аргон, гелий) – MIG-сварка;
- активные (углекислый газ CO_2 , газовые защитные смеси углекислого газа с аргон, кислородом, гелием, азотом) – MAG-сварка.

Механизированный способ (рис. 1.5) совмещает в себе элементы автоматической и ручной сварки. Подача сварочной проволоки

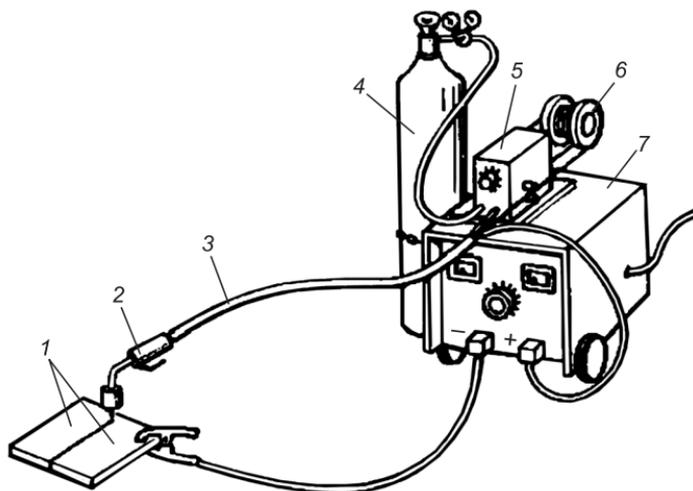


Рис. 1.5. Сварочный пост механизированной дуговой сварки плавящимся электродом

ки из кассеты 6 в горелку 2 по шлангу 3 осуществляется автоматически механизмом подачи 5, а перемещение горелки 2 вдоль кромок заготовок 1 со скоростью $V_{св}$ – вручную. В горелку подается также защитный газ из баллона 4.

В отличие от ручной сварки, механизированная сварка позволяет применять более высокие плотности тока и большую скорость подачи сварочной проволоки, что обеспечивает повышенную производительность.

При *автоматической сварке* плавящимся электродом операции сварки (зажигание дуги, подача защитного газа, присадочной и электродной проволоки в зону дуги и перемещение дуги вдоль направления сварки, а также поддержание стабильного горения дуги) осуществляются *сварочным автоматом*. Автоматическая сварка плавящимся электродом позволяет получать качественные соединения на стали толщиной 0,5 мм и более, полуавтоматическая – на стали толщиной 1,0 и более мм.

Сварка MAG предназначена для соединения тонколистовых обычных углеродистых сталей и, ограничено, низколегированных. *Преимущества*:

- дешевый защитный газ (CO_2);
- высокая производительность;
- данный способ малочувствителен к наличию на свариваемых поверхностях окалины и ржавчины.

Недостаток – повышенное разбрызгивание.

Применение защитных газовых смесей позволяет уменьшить разбрызгивание электродного металла, повысить качество соединения. Газовые смеси применимы для электродуговой сварки как углеродистых, так и легированных сталей.

Сварку MIG применяют при изготовлении ответственных изделий из специальных легированных или обычных углеродистых сталей. *Преимуществами* такой сварки являются:

- высокое качество сварного соединения;
- возможность сварки в любых пространственных положениях;
- возможность визуального наблюдения за процессом формирования шва (не требуется высокая квалификация сварщика).

Недостаток – высокая стоимость защитного газа и оборудования.

Использование порошковой самозащитной проволоки позволяет упростить процесс механизированной сварки, так как отпадает необходимость в баллонах с защитным газом. Это дает возможность использовать механизированную сварку в монтажных условиях.

Для полуавтоматической сварки MAG и сварки порошковой самозащитной проволокой применяют *полуавтоматы на основе*

традиционных выпрямителей и инверторов. Для автоматической сварки MAG используются преимущественно автоматы инверторного типа.

Для полуавтоматической сварки MIG применяют полуавтоматы инверторного типа и импульсные источники питания. Для автоматической аргодуговой сварки используются автоматы инверторного типа и робототехнические комплексы (РТК).

1.2.3. Дуговая сварка неплавящимся электродом в инертном газе

При дуговой сварке неплавящимся электродом в инертном газе (TIG – *Tungsten Inert Gas*) используют вольфрамовый неплавящийся электрод. Сварку выполняют наклонной горелкой (рис. 1.6). Угол наклона горелки 3 к поверхности свариваемого металла 5 составляет $70-80^\circ$, а присадочная проволока 1 подается под углом $10-15^\circ$. Дуга 6 горит между электродом 4 и изделием под защитой струи газа 2, подаваемого через сопло горелки 3.

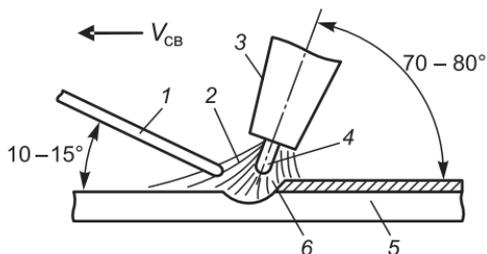


Рис. 1.6. Схема дуговой сварки неплавящимся электродом (TIG)

Сварка TIG применяется для деталей из высоколегированных сталей и сплавов, алюминиевых, магниевых и титановых сплавов, как правило небольшой толщины. Преимуществами такой сварки являются:

- высокое качество сварного соединения;
- отсутствие разбрызгивания;
- хорошие условия труда сварщика.

Недостатки – невысокая производительность и высокая стоимость сварочных материалов.

Различают *сварочные аппараты для ручной и сварочные установки для автоматической сварки TIG*. Большинство металлов сваривают на постоянном токе дугой прямой полярности. При сварке алюминия используется дуга переменного тока.

ОГЛАВЛЕНИЕ

От авторов	3
Введение	5
Гла в а 1. Сварочная дуга и источники ее питания	10
1.1. Общие сведения об источниках питания	10
1.2. Способы дуговой и электрошлаковой сварки и их источники питания	12
1.3. Характеристики сварочной дуги	21
1.4. Характеристики и свойства источников питания	25
1.5. Классификация источников питания и их обозначение	41
1.6. Параметры источников питания	47
1.7. Основные требования к источникам питания	52
<i>Тестовые задания</i>	57
Гла в а 2. Сварочные трансформаторы	60
2.1. Общие сведения о сварочных трансформаторах	60
2.2. Трансформаторы для ручной дуговой сварки	61
2.3. Трансформаторы для дуговой сварки под флюсом	78
2.4. Трансформаторы для электрошлаковой сварки	80
<i>Тестовые задания</i>	83
Гла в а 3. Сварочные выпрямители	85
3.1. Общие сведения о сварочных выпрямителях	85
3.2. Выпрямители сварочные параметрические	88
3.3. Выпрямители с фазовым управлением	97
3.4. Инверторные выпрямители	104
3.5. Многопостовые выпрямительные системы	114
<i>Тестовые задания</i>	125
Гла в а 4. Сварочные преобразователи, агрегаты и генераторы	127
4.1. Общие сведения о генераторах, преобразователях и агрегатах ..	127
4.2. Коллекторные генераторы	128
4.3. Вентильные генераторы	132
<i>Тестовые задания</i>	142
Гла в а 5. Специализированные источники питания	144
5.1. Источники питания для сварки неплавящимся электродом в инертном газе	144

5.2. Источники питания сжатой дугой	157
5.3. Источники питания для импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом	163
<i>Тестовые задания</i>	174
Гла в а 6. Выбор и эксплуатация источников питания	176
6.1. Выбор, монтаж и пуск источников питания	176
6.2. Техническое обслуживание и ремонт источников питания	184
6.3. Требования безопасности при эксплуатации источников питания	187
<i>Тестовые задания</i>	190
Гла в а 7. Краткие сведения из электротехники и электроники	192
7.1. Трансформаторы	192
7.2. Полупроводниковые приборы	193
7.3. Выпрямители	195
7.4. Инверторы	198
7.5. Генераторы	199
<i>Тестовые задания</i>	203
Ключи к тестовым заданиям	204
Литература	205

Учебное издание

Лупачёв Вячеслав Григорьевич
Болотов Сергей Владимирович

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ СВАРОЧНОЙ ДУГИ

Пособие

Редактор *Ю.А. Мисюль*
Художественный редактор *В.А. Ярошевич*
Технический редактор *Н.А. Лебедевич*
Корректоры *Ю.А. Мисюль, Т.В. Кульнис*
Компьютерная верстка *А.И. Стебули*

Подписано в печать 26.12.2013. Формат 84×108/32. Бумага офсетная.
Гарнитура «NewtonС». Офсетная печать. Усл. печ. л. 10,92 .
Уч.-изд. л. 10,7. Тираж 800 экз. Заказ 408.

Республиканское унитарное предприятие «Издательство “Высэйшая школа”».
ЛИ № 02330/0494062 от 03.02.2009. Пр. Победителей, 11, 220048, Минск.
e-mail: market@vshph.com <http://vshph.com>

Открытое акционерное общество «Красная звезда».
ЛП № 02330/0552716 от 03.04.2009. 1-й Загородный пер., 3, 220073, Минск.