МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АБУ РАЙХАНА БЕРУНИ

МЕХАНИКО-МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ

КАФЕДРА «МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИЯ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА»

Абралов М.М., Дуняшин Н.С.

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

по дисциплине «Источники питания сварочной дуги»
для подготовки бакалавров по направлению
5522700-«Машины и технология сварочного производства»

ТАШКЕНТ 2007

УДК 621.791.1

Конспект лекций по дисциплине «Источники питания сварочной дуги» для подготовки бакалавров по направлению 5522700-«Машины и технология сварочного производства»/ ТашГТУ; Абралов М.М., Дуняшин Н.С. Ташкент, 2007.

Курс «Источники питания сварочной дуги» по учебному плану читается в 8 семестре бакалавриата.

В этом конспекте изложены основные сведения об электрической сварочной дуге и источниках питания в объеме, необходимом для изучения студентами высшего специального заведения по направлению бакалавриата 5522700-«Машины и технология сварочного производства»

Составитель: асс. Абралов М.М., доц., к.т.н. Дуняшин Н.С.

Конспект лекций обсужден и одобрен на заседании кафедры «Машины и технология сварочного производства».

Протокол № от «_____» _____2007 г

Заведующий кафедрой: проф., д.т.н. Абралов М.А.

Конспект лекций рассмотрен и утвержден на заседании Методического Совета Механико-машиностроительного факультета:

Протокол № от «_____» _____2007г

Председатель Методического Совета факультета:

Содержание

Введение…… 5

Лекция № 1. Физическая сущность электрической дуги…… 6

1.1. Явления, протекающие в дуговом разряде…….

1.2. Виды электрически заряженных частиц в газах……

1.3. Ионизация газов в дуговом промежутке…….

1.4. Эмиссия электронов……..

Лекция № 2. Основные сведения о сварочной дуге…… 14

2.1. Общие сведения о сварочной дуге……..

2.2. Статическая вольтамперная характеристика сварочной дуги…….

2.3. Процессы, происходящие в момент возбуждения сварочной дуги

2.4. Процессы, происходящие в катодной области……..

2.5. Процессы, происходящие в столбе дуги……

2.6. Процессы, происходящие в анодной области……

2.7. Особенности сварочной дуги, питаемой переменным током……

2.8. Влияние магнитного поля и ферромагнитных масс на сварочную дугу…….

Лекция № 3. Источники питания сварочной дуги…….. 27

3.1. Общие сведения об источниках питания сварочной дуги……....

3.2. Классификация источников питания сварочной дуги……

3.3. Обозначение источников питания сварочной дуги……

Лекция № 4. Сварочные трансформаторы…… 33

4.1. Общие сведения о сварочных трансформаторах……

4.2. Типы сварочных трансформаторов…….

4.3. Параллельное включение сварочных трансформаторов……...

Лекция № 5. Сварочные выпрямители…… 41

Лекция № 6. Сварочные генераторы..... 45

Лекция № 7. Многопостовые источники питания…….. 50

7.1. Общие сведения о многопостовых источниках питания сварочной дуги……..

7.2. Балластные реостаты…….

Лекция №8. Специализированные источники питания……. 53

8.1. Общие сведения о специализированных источниках питания…….

8.2. Вспомогательные устройства источников питания……

Лекция № 9. Техника безопасности при дуговой сварке. Техническое обслуживание источников питания сварочной дуги… 59

9.1. Техника безопасности при дуговой сварке……..

9.2. Обслуживание сварочных трансформаторов……..

9.3. Обслуживание сварочных преобразователей……..

Список используемой литературы..... 67

Введение

Производственное использование некоторых простейших способов сварки началось еще в глубокой древности. Уже в бронзовом веке возникает искусство соединения металлов. Способы сварки развивались очень медленно и часто трудно уловить на протяжении столетий сколько-нибудь заметные изменения методов и технических приемов сварки, применяемых приспособлений и оборудования.

Резкий перелом в этой области техники наступает лишь в конце XIX - начале XX века.

В 1802 г. русский ученый - академик В.В. Петров открыл явление электрической дуги и впервые указал на возможность при помощи ее нагревать и расплавлять металлы.

В 1882 г. русский инженер Н.Н. Бенардос изобрел способ электродуговой сварки неплавящимся угольным электродом, а в 1888 - 1890 гг. другой русский инженер Н.Г. Славянов предложил выполнять дуговую сварку плавящимся металлическим электродом. Способы Н.Н. Бенардоса и Н.Г. Славянова являются основой современных видов электросварки металлов.

Особенные заслуги в области электродуговой сварки механизации и автоматизации ее процесса принадлежат русскому ученому академику Е.О. Патону. Во время Второй Мировой войны автоматическая сварка под слоем флюса была широко освоена на наших оборонных заводах и сыграла большую роль в увеличении производства танков и артиллерийского вооружения.

Быстрое развитие промышленности и всех отраслей техники вызвало появление новых средств нагрева, пригодных для сварки металлов, таких, например, как электрический ток, дуговой разряд, ацетилено-кислородное пламя, термитные смеси, электронный луч, лазер, высокотемпературная

плазма, ультразвук и др. и соответственно новых эффективных способов сварки.

Лекция № 1

Физическая сущность электрической дуги

План:

1.1. Явления, протекающие в дуговом разряде

1.2. Виды электрически заряженных частиц в газах

1.3. Ионизация газов в дуговом промежутке

1.4. Эмиссия электронов

1.1. Явления, протекающие в дуговом разряде

Различные материалы по-разному проводят электрический ток. Проводимость всякого материала зависит от количества находящихся в нем свободных, электрически заряженных частиц, переносящих электрические заряды, — электронов и ионов, а также от того, с какой скоростью эти носители электрических зарядов перемещаются. Следовательно, чем больше в материале имеется носителей зарядов и чем они подвижнее, тем меньше его сопротивление. Газы (в том числе и воздух) при нормальных условиях не проводят электрического тока. Это объясняется тем, что в обычных условиях они состоят из нейтральных молекул и атомов, которые не являются носителями зарядов. Они станут электропроводными в том случае, если в своем составе будут иметь электроны, положительные и отрицательные ионы.

Электроны, положительные и отрицательные ионы в газах возникают при воздействии на них электрического поля, тепла, при прохождении через газ ультрафиолетовых, рентгеновских и космических лучей, а также лучей, испускаемых радиоактивными веществами.

Прохождение электрического тока через газы называется электрическим газовым разрядом.

Электрические газовые разряды подразделяются на две основные группы: несамостоятельные и самостоятельные. При несамостоятельном электрическом газовом разряде электроны и ионы образуются от постороннего источника (например, газовый или воздушный промежуток подогревается пламенем, через него проходят лучи, на этот промежуток действует мощный поток световой энергии или сильное электрическое поле). При самостоятельном электрическом газовом разряде образование электронов и ионов происходит без постороннего источника (таким разрядом является сварочная дуга).

Процесс образования электронов и ионов называется ионизацией, а газ, содержащий электроны и ионы, — ионизированным. При прохождении электрического тока через газовый промежуток положительные ионы стремятся к отрицательному полюсу (катоду), а отрицательные—к положительному (аноду). При движении некоторые ионы и электроны, сталкиваясь между собой, нейтрализуются и образуют нейтральные атомы и молекулы. Процесс образования нейтральных атомов и молекул называется рекомбинацией. При рекомбинации образуется энергия в форме электромагнитных излучений. В электрическом газовом разряде при бомбардировке поверхности отрицательного полюса электрода (катода) ионами, воздействии на эту поверхность электромагнитных излучений, влиянии высокой температуры и приложении электрического поля с поверхности отрицательного полюса (катода) во внешнюю среду выходят электроны. Излучение с поверхности отрицательного полюса электронов во внешнюю среду называется электронной эмиссией. Таким образом, при дуговом раз ряде происходит образование ионов — ионизация газов с обратимым процессом — рекомбинацией и электронная эмиссия.

1.2. Виды электрически заряженных частиц в газах

Заряженными частицами в газах могут быть электроны, положительные и отрицательные ионы. Материальная частица с наименьшей массой, несущая один элементарный отрицательный электрический заряд, называется электроном. Масса, электрона в состояний покоя равна $9{,}10721 \cdot 10^{-28}$ г или в 1840 раз меньше массы атома водорода. Заряд электрона равен $1{,}59 \cdot 10^{-19}$Кл. Ион — атом, несущий на себе заряд. Ион может быть отрицательным и положительным. Отрицательным ионом считают тот атом, к которому присоединились один или несколько электронов, а положительным—от которого отняли один или несколько электронов. Масса иона практически равна массе отдельного атома. Наименьшей массой обладает ион водорода ($1{,}66 \cdot 10^{-24}$ г). Положительные ионы могут образовывать все атомы и молекулы, а отрицательные ионы легче всего образуют электроотрицательные элементы, обладающие значительным сродством к электрону. Такими элементами являются фтор, хлор, азот, кислород и другие.

Количество энергии, выделенное при присоединении электрона к нейтральному атому или к отрицательно заряженному иону и выраженное в электрон-вольтах, называется сродством к электрону.

Потенциалы ионизации и возбуждения. На освобождение электрона от связи с атомным ядром, вследствие чего и происходит образование положительного иона, необходимо затратить определенное количество энергии. Энергия, израсходованная на отрыв электрона, называется работой ионизации. Работа ионизации, выраженная в электрон-вольтах, называется потенциалом ионизации. Если сообщить связанному электрону газовой молекулы или атома некоторое количество дополнительной энергии, то электрон перейдет на новую орбиту с более высоким энергетическим уровнем, а молекула или атом будут находиться в возбужденном состоянии. Количество энергии, выраженное в электрон-вольтах, которое необходимо затратить для возбуждения атома или молекулы газа, называется потенциалом возбуждения. Возбужденное состояние атома или молекулы

газа является неустойчивым, и электрон может снова возвратиться на стационарную орбиту, а атом или молекула перейдет в нормальное невозбужденное состояние. Энергия возбуждения при этом передается в окружающее пространство в форме светового электромагнитного излучения.

Величина потенциала ионизации и возбуждения зависит от природы атома. Наименьший потенциал ионизации (3,9 эВ) имеют пары цезия, а наибольший (24,5 эВ) наблюдается у газа гелия. У щелочноземельных металлов (цезия, калия, натрия, бария, кальция) связь между электронами и ядром не велика, поэтому они имеют наименьшие потенциалы ионизации, следовательно, на возбуждение и работу выхода электрона потребуется затратить меньше энергии, чем у железа, марганца, меди и никеля. Элементы, имеющие меньшие потенциалы ионизации и возбуждения, чем свариваемый металл, вводят в состав электродных покрытий, чтобы повысить стабилизацию дугового разряда в газах. Количество энергии, которое необходимо для выделения электрона из металла или жидкого тела, называется работой выхода электрона и выражается в электрон-вольтах.

1.3. Ионизация газов в дуговом промежутке

В электрическом газовом разряде различают следующие виды ионизации газов: соударением, фотоионизацию, тепловую, электрическим полем.

Ионизация соударением заключается в том, что вышедшие электроны с поверхности отрицательного полюса электрода (катода) движутся со скоростью света через слой молекулярного газа к положительному полюсу (аноду). При своем движении электроны, сталкиваясь с молекулами и атомами газа, сбивают с их орбит электроны, образуя при этом положительные ионы.

Электроны, сбитые с поверхности электрода, называются первичными, а электроны, выбитые с орбит нейтральных частиц (атомов), — вторичными.

Вторичные электроны также могут оказать ударное действие на следующие молекулы и атомы и образовать так называемые третичные электроны, которые при потере кинетической энергии образуют с нейтральными частицами отрицательные ионы (последние легко образуются в кислороде, окислах азота, галоидах, водяном паре и т.д.). Образовавшиеся положительные и отрицательные ионы стремятся проделать путь к противоположному по знаку полюсу. При столкновении положительных ионов с отрицательными ионами или с электронами будут образовываться нейтральные молекулы или атомы (процесс рекомбинации).

Соударения ионизируемой частицы со свободным электроном и нейтральным атомом могут быть упругими и неупругими. При упругом соударении кинетическая энергия остается неизменной, при неупругом — часть кинетической энергии расходуется на внутреннюю работу— возбуждение или ионизацию. Поэтому после соударения энергия частицы уменьшится. Возбуждение и ионизация частицы возможны только в том случае, если кинетическая энергия ударяющейся частицы будет больше работы возбуждения или ионизации.

Фотоионизация заключается в том, что при воздействии на газовый промежуток световой энергией атомы и молекулы газа будут поглощать кванты света (фотоны), образуя электрически заряженные частицы — электроны и ионы. Процесс образования атомами и молекулами газа электрически заряженных частиц за счет поглощения квантов света называется фотоионизацией. Фотоионизация возможна в том случае, если энергия кванта света будет больше работы ионизации газовой молекулы.

Тепловая ионизация заключается в образовании электрически заряженных частиц в газах от воздействия на газ высоких температур в результате не упругих столкновений частиц газа, имеющих большие запасы кинетической энергии. Образование электрически заряженных частиц в газах уже становится заметным при температуре около 2000° К. Чем выше

температура газа, тем быстрее перемещаются его частицы и больше происходит соударений; следовательно, образование электрически заряженных частиц в газе с увеличением температуры газа будет возрастать. При температуре столба дуги около 6000° К термическая ионизация становится весьма значительной. Нагретые частицы газа создают излучение, которое вызывает фотоионизацию газа.

Под степенью термической ионизации газа следует понимать отношение числа образовавшихся электрически заряженных частиц к общему количеству нейтральных частиц в объеме газа до ионизации. При атмосферном давлении степень ионизации газа изменяется с изменением температуры (рис. 1.1) и зависит от потенциала ионизации.

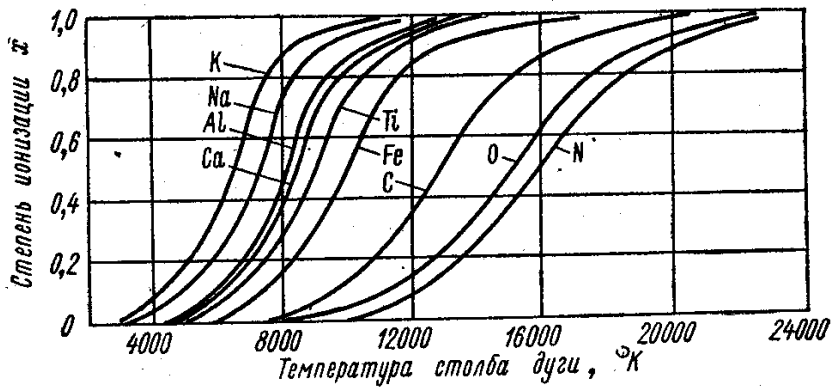

Рис 1.1. Зависимость степени ионизации от температуры для различных веществ

При сварке в дуговом промежутке находится не один газ, а смесь газов и паров, поэтому ионизация каждого газа, входящего в смесь газов и паров, протекает иначе, чем отдельного газа. Для удобства определения степени ионизации газовой смеси вводится понятие «эффективный потенциал ионизации». Под эффективным потенциалом ионизации понимают потенциал ионизации некоторого однородного газа, который при тех же температурах, давлении и концентрации образует такое же количество заряженных частиц, как и газовая смесь. Если в атмосферу дуги будут введены вещества с малым

потенциалом ионизации, то эффективный потенциал ионизации значительно снизится, что повысит стабильность дугового разряда.

Ионизация электрическим полем заключается в том, что электрическое поле, действуя на электрически заряженные частицы газа, ориентирует и ускоряет их движение. Воздействие электрического поля на электрически заряженные частицы газа сказывается на участке пути, равном свободному пробегу частицы. При движении частицы соударяются, вследствие чего происходит либо возбуждение, либо ионизация частиц, а вместе с этим и изменение направления их движения.

1.4. Эмиссия электронов

Процесс испарения, излучения или выхода электронов проводимости из металлов называется электронной эмиссией. Этот процесс играет исключительно важную роль в сварочной дуге. Электронная эмиссия подразделяется: на эмиссию электронов вследствие бомбардировки металла ионами, фотоэлектронную, термоэлектронную и автоэлектронную эмиссию.

Эмиссия электронов за счет потока ионов заключается в том, что положительные ионы, ударяясь о поверхность катода при нейтрализации, выделяют тепловую и лучистую энергию, за счет которой и происходит эмитирование электронов с катода во внешнюю среду. Эмиссия электронов вызывается главным образом положительными ионами, так как отрицательные ионы в катодной зоне испытывают торможение.

Энергия, выделившаяся в результате ударов положительных ионов о катод за счет потенциальной и кинетической энергии ионов, способствует увеличению скорости плавления электродного и основного металла.

Фотоэлектронная эмиссия заключается в том, что лучистая энергия, действуя на поверхность катода, сообщает необходимую энергию электронам для их выхода. Лучистая энергия вызывает выход электронов не только из катода, но и из материалов, входящих в состав покрытий. Чем будет короче

длина световой волны, тем больше выделится электронов с поверхности катода.

Термоэлектронная эмиссия — это процесс выхода электронов проводимости с накаленной поверхности отрицательного полюса (катода) при нагревании электрода. При нагревании электрода кинетическая энергия электрона становится больше работы выхода, необходимой для преодоления электростатического притяжения электрона, и последний, теряя связь с ядром, вылетает с поверхности электрода. С увеличением температуры нагрева торца электрода кинетическая энергия электрона увеличивается, а сила электростатического притяжения его уменьшается, благодаря чему число вырываемых электронов увеличивается. При термоэлектронной эмиссии происходит охлаждение электрода, так как при выходе электроны уносят с собой большое количество энергии. Выход электронов зависит от свойств и чистоты поверхности металла. Если, например, в состав вольфрамового электрода ввести 0,5% окиси тория (ThO_2), то эмиссия такого торированного электрода значительно повысится.

Автоэлектронная эмиссия — это эмиссия электронов за счет силового электрического поля. Она возможна при высоких и низких температурах катода.

Явление выхода электронов при низких температурах объясняется тем, что внешнее электрическое поле сообщает электрону такую энергию, которая позволяет ему выйти за пределы поверхности металла.

Контрольные вопросы:

1. Что такое ионизация газов?
2. 2. В чем состоит сущность термоэлектронной эмиссии?

Лекция № 2.

Основные сведения о сварочной дуге

План:

2.1. Общие сведения о сварочной дуге

2.2. Статическая вольтамперная характеристика сварочной дуги

2.3. Процессы, происходящие в момент возбуждения сварочной дуги

2.4. Процессы, происходящие в катодной области

2.5. Процессы, происходящие в столбе дуги

2.6. Процессы, происходящие в анодной области

2.7. Особенности сварочной дуги, питаемой переменным током

2.8. Влияние магнитного поля и ферромагнитных масс на сварочную дугу

2.1. Общие сведения о сварочной дуге

Сварочной дугой называется мощный устойчивый электрический разряд в газовой среде, образованной между электродами либо между электродами и изделием. Сварочная дуга характеризуется выделением большого количества тепловой энергии и сильным световым эффектом. Она является концентрированным источником тепла и применяется для расплавления основного и присадочного материалов.

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

а) открытую дугу, горящую в воздухе, где составом газовой среды зоны дуги является воздух с примесью паров свариваемого металла, материала электродов и электродных покрытий;

б) закрытую дугу, горящую под флюсом, где составом газовой среды зоны дуги являются пары основного металла, проволоки и защитного флюса;

в) дугу, горящую в среде защитных газов (в состав газовой среды зоны дуги входят атмосфера защитного газа, пары проволоки и основного

металла). Сварочная дуга классифицируется по роду применяемого тока (постоянный, переменный, трехфазный) и по длительности горения (стационарная, импульсная). При применении постоянного тока различают дугу прямой и обратной полярности. При прямой полярности отрицательный полюс силовой цепи—катод—находится на электроде, а положительный полюс—анод—на основном металле.

При обратной полярности плюс на электроде, а минус на изделии.

В зависимости от типа применяемого электрода дуга может возбуждаться между плавящимся (металлическим) и неплавящимся (угольным, вольфрамовым и др.) электродами. По принципу работы дуги бывают прямого, косвенного и комбинированного действия (рис. 2.1).

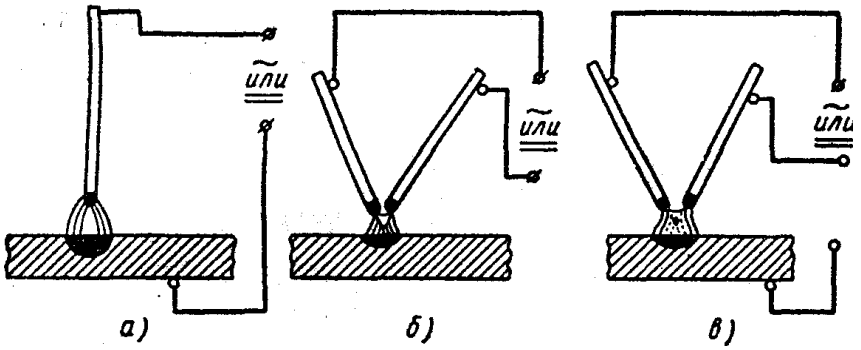

Рис. 2.1. Электрическая дуга:

а — прямого действия, б — косвенного действия, в — комбинированного действия

Прямой дугой называют дуговой разряд, происходящий между электродом и изделием. Косвенная дуга представляет собой дуговой разряд между двумя электродами (атомно-водородная сварка). Комбинированная дуга — это сочетание дуги прямого и косвенного действия. Примером комбинированной дуги служит трехфазная дуга, у которой две дуги электрически связывают электроды с изделием, а третья горит между двумя электродами, изолированными друг от друга.

Возбуждение дуги производится двумя способами: касанием либо чирканьем, сущность которых показана на рис. 2.2.

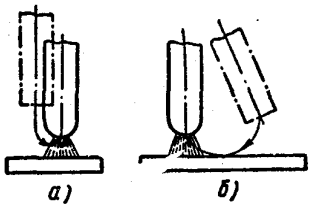

Рис. 2.2. Схема зажигания дугового разряда:

а — прямым касанием, б — чирканьем

В сварочной дуге дуговой промежуток разделяется на три основные области: анодную, катодную и столб дуги. В процессе горения дуги на электроде и основном металле имеются активные пятна, представляющие собой более нагретые участки электрода и основного металла, через которые проходит весь ток дуги. Активное пятно, находящееся на катоде, называется катодным, а пятно, находящееся на аноде, — анодным.

Общая длина сварочной дуги (рис. 2.3) равна сумме длин всех трех областей:

$$L_д = L_к + L_с + L_а,$$

где Lд—общая длина сварочной дуги, см;

$L_к$—длина катодной области, равная примерно 10^{-5} см;

$L_с$— длина столба дуги, см;

$L_а$—длина анодной области, равная примерно 10^{-3} — 10^{-4} см.

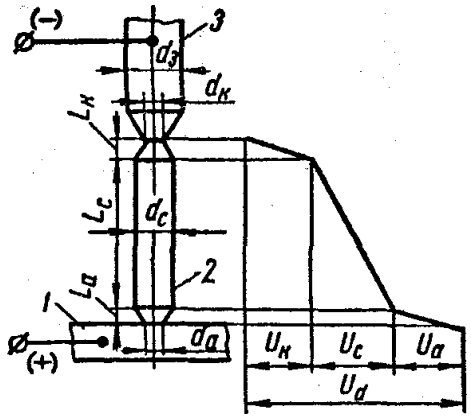

Рис. 2.3. Схема распределения падений напряжений в электрической дуге:

1 — изделие, 2 — столб дуги, 3 — электрод.

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

$$U_д = U_к + U_с + U_а,$$

где $U_д$—общее падение напряжения на дуге, В;

$U_к$ — падение напряжения в катодной области, В;

$U_с$ — падение напряжения в столбе дуги, В;

$U_а$ — падение напряжения в анодной области, В.

Температура в столбе сварочной дуги колеблется от 5000 до 12 000° К и зависит от состава газовой среды дуги, материала, диаметра электрода и плотности тока.

Температуру приближенно можно определить по формуле, предложенной академиком АН Украины К. К. Хреновым:

$$T_{ст} = 810 U_{эф},$$

где $T_{ст}$—температура столба дуги, °К;

$U_{эф}$—эффективный потенциал ионизации.

2.2. Статическая вольтамперная характеристика сварочной дуги

Зависимость напряжения в сварочной дуге от ее длины и величины сварочного тока, называемую вольтамперной характеристикой сварочной дуги, можно описать уравнением

$$U_Д = a + bL_Д + \frac{c + dL_Д}{I},$$

где *a*—сумма падений напряжения на катоде и аноде ($a = U_к + U_а$);

b—удельное падение напряжения в газовом столбе, отнесенное к 1 мм длины дуги (величина *b* зависит от газового состава столба дуги);

$L_д$—длина дуги, мм;

с — мощность, Вт, необходимая для вырывания электрона из катодного пятна и зависящая от материала электродов;

d — мощность, Вт, затрачиваемая на прохождение электронного потока через газовый промежуток дуги в 1 мм;

I — величина сварочного тока, А.

При малых и сверхвысоких величинах тока $U_д$ зависит от величины сварочного тока.

Статическая вольтамперная характеристика сварочной дуги показана на рис. 2.4. В области I увеличение тока до 80А приводит к резкому падению напряжения дуги, которое обусловливается тем, что при маломощных дугах увеличение тока вызывает увеличение площади сечения столба дуги, а также его электропроводности. Форма статической характеристики сварочной дуги на этом участке падающая. Сварочная дуга, имеющая падающую вольтамперную характеристику, имеет малую устойчивость. В области II (80—800 А) напряжение дуги почти не изменяется, что объясняется увеличением сечения столба дуги и активных пятен пропорционально изменению величины сварочного тока, поэтому плотность тока и падение напряжения во всех участках дугового разряда сохраняются постоянными. В этом случае статическая характеристика сварочной дуги — жесткая. Такая дуга широко применяется в сварочной технике. При увеличении сварочного тока более 800 А (область III) напряжение дуги снова возрастает. Это объясняется увеличением плотности тока без роста катодного пятна, так как поверхность электрода уже оказывается недостаточной для размещения катодного пятна с нормальной плотностью тока. Дуга с возрастающей характеристикой широко применяется при сварке под флюсом и в защитных газах.

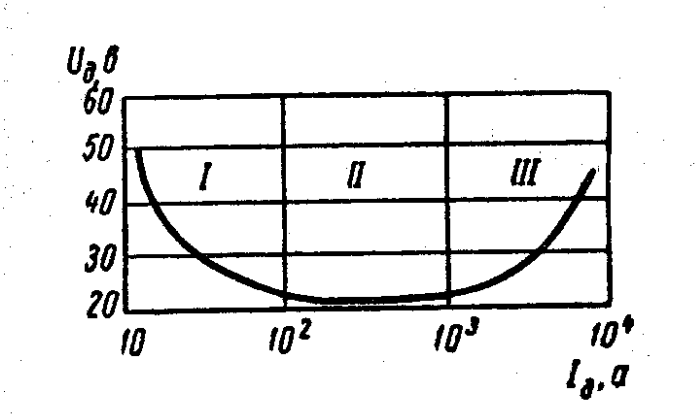

Рис. 2.4. Статическая вольтамперная характеристика сварочной дуги

2.3. Процессы, происходящие в момент возбуждения сварочной дуги

При коротком замыкании происходит соприкосновение торца электрода с изделием. Поскольку торец электрода имеет неровную поверхность, контакт происходит не по всей плоскости торца электрода (рис. 2.5).

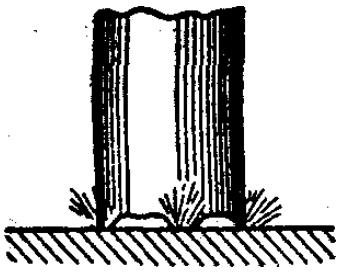

Рис. 2.5. Контакт торца электрода с изделием в момент короткого замыкания.

В точках контакта плотность тока достигает весьма больших величин, и под действием выделившегося тепла в этих точках металл мгновенно расплавляется. В момент отвода электрода от изделия зона расплавленного металла — жидкий мостик растягивается, сечение уменьшается, а температура металла увеличивается. При значительном отводе электрода от изделия жидкий мостик металла разрывается, происходит быстрое испарение (взрыв металла). В этот момент разрядный промежуток заполняется нагретыми ионизированными частицами паров металла, электродного

покрытия и воздуха—возникает сварочная дуга. Процесс возникновения дуги длится всего доли секунды. Ионизация газов в дуговом промежутке в начальный момент возникает в результате термоэлектронной эмиссии с поверхности катода вследствие нарушения структуры в результате резкого перегрева и расплавления металла и электродного покрытия.

Увеличение плотности электронного потока происходит также за счет окислов и образовавшихся поверхностных слоев расплавившихся флюсов или электродных покрытий, снижающих работу выхода электронов. В момент разрыва мостика жидкого металла потенциал резко падает, что способствует образованию автоэлектронной эмиссии. Падение потенциала позволяет увеличивать плотность тока эмиссии, накапливать электронам кинетическую энергию для неупругих столкновений с атомами металла и переводить их в ионизированное состояние, увеличивая тем самым число электронов и, следовательно, проводимость дугового промежутка. В результате ток увеличивается, а напряжение падает. Это происходит до определенного предела, а затем начинается устойчивое состояние дугового разряда — горение дуги.

2.4. Процессы происходящие в катодной области

Процессы, протекающие в области катодного падения напряжения, играют важную роль в сварочных процессах. Область катодного падения напряжения является источником первичных электронов, которые поддерживают газы дугового промежутка в возбужденном ионизированном состоянии и переносят на себе в силу большой подвижности основную массу заряда. Отрыв электронов с поверхности катода вызывается в первую очередь термоэлектронной и автоэлектронной эмиссией. Энергия, расходуемая на вырыв электронов с поверхности катода и наплавление металла, в некоторой степени возмещается энергией из столба дуги за счет потока положительно

заряженных ионов, отдающих на поверхности катода свою энергию ионизации (рис. 2.6).

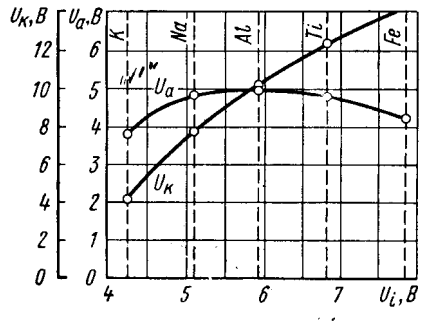

Рис. 2.6. Зависимость напряжения в приэлектродных областях от потенциала ионизации дугового газа

Процессы, происходящие в области катодного падения напряжения, можно представить по следующей схеме:

1. Электроны, излучаясь с поверхности катода, получают ускорения, необходимые для ионизации молекул и атомов газа. В некоторых случаях катодное падение напряжения бывает равно потенциалу ионизации газа. Величина катодного падения напряжения зависит от потенциала ионизации газа и бывает 10—16 В.

2. Вследствие малой толщины катодной зоны (около 10^{-5} см) электроны и ионы в ней движутся без столкновений и она приблизительно равна свободному пробегу электрона. Значения толщины катодной зоны, найденные опытным путем, меньше 10^{-4} см.

3. С увеличением плотности тока температура катодной области повышается.

2.5. Процессы, происходящие в столбе дуги

В столбе дуги имеются три рода заряженных частиц —электроны, положительные ионы и отрицательные ионы, которые перемещаются к противоположному по знаку полюсу.

Столб дуги можно считать нейтральным, так как сумма зарядов отрицательных частиц равна сумме зарядов положительных частиц. Столб дуги характерен образованием заряженных частиц и воссоединением заряженных частиц в нейтральные атомы (рекомбинация).

Поток электронов через слой газов разрядного промежутка вызывает в основном упругие соударения с молекулами и атомами газа, вследствие чего создается весьма высокая температура. Возможна также и ионизация в результате неупругих соударений.

Температура столба дуги зависит от состава газов, величины сварочного тока (с увеличением величины тока температура повышается), типа электродных покрытий и полярности. При обратной полярности температура столба дуги выше.

2.6. Процессы, происходящие в анодной области

Анодная область имеет большую протяженность и меньший градиент напряжения, чем катодная область. Падение напряжения в анодной области создается в результате извлечения электронов из столба дугового разряда и ускорением при входе их в анод. В анодной области имеется в основном только электронный ток, вследствие малого количества отрицательно заряженных ионов, имеющих меньшие скорости движения, чем электрон. Электрон, попавший на анодную поверхность, отдает металлу не только запас кинетической энергии, но и энергию работы выхода, поэтому анод получает энергию от столба дуги не только в виде потока электронов, но и в виде теплового излучения. Вследствие этого температура анода всегда выше и на нем выделяется больше тепла.

2.7. Особенности сварочной дуги, питаемой переменным током

При сварке дугой переменного тока (промышленной частоты 50 Гц) катодное и анодное пятна меняются местами 100 раз в секунду. При

изменении полярности образуется так называемый «вентильный эффект», заключающийся в частичном выпрямлении тока. Выпрямление тока происходит в результате беспрерывно меняющейся электронной эмиссии, так как при изменении направления тока условия выхода эмиссионных токов с электрода и с изделия будут не одинаковы.

При одинаковых материалах ток почти не выпрямляется, выпрямление тока в сварочной дуге называется составляющей постоянного тока, которая при аргонодуговой сварке алюминия отрицательно действует на процесс. Устойчивость горения сварочной дуги, питаемой переменным током, ниже, чем дуги, питаемой постоянным током. Это объясняется тем, что в процессе перехода тока через нуль и изменения полярности в начале и конце каждого полупериода дуга угасает. В момент угасания дуги снижается температура дугового промежутка, вызывающая деионизацию газов столба дуги.

Одновременно с этим падает и температура активных пятен. Температура особенно падает на том активном пятне, которое расположено на поверхности сварочной ванны, вследствие отвода тепла в изделие. В связи с тепловой инерционностью процесса падение температуры несколько отстает по фазе от перехода тока через нуль. Зажигание дуги из-за пониженной ионизации дугового промежутка в начале каждого полупериода возможно только при повышенном напряжении между электродом и изделием, называемом пиком зажигания.

Если катодное пятно находится на основном металле, то в этом случае величина пика зажигания несколько выше. На величину пика зажигания влияет эффективный потенциал ионизации: чем больше эффективный потенциал ионизации, тем выше должен быть пик зажигания. Если в сварочной дуге находятся легко ионизируемые элементы, пик зажигания снижается и, наоборот, он увеличивается при наличии в атмосфере дуги ионов фтора, которые при соединении с положительными ионами легко образуют нейтральные молекулы.

К основным преимуществам дуги переменного тока следует отнести: относительную простоту и меньшую стоимость оборудования, отсутствие магнитного дутья и наличие катодного распыления оксидной пленки при аргоно-дуговой сварке алюминия. Катодное распыление—это процесс бомбардировки сварочной ванны положительными ионами в тот момент, когда изделие бывает катодом, за счет чего разрушается окисная пленка.

2.8. Влияние магнитного поля и ферромагнитных масс на сварочную дугу

В сварочной дуге столб дуги можно рассматривать как гибкий проводник, по которому проходит электрический ток и который под действием электромагнитного поля может изменять свою форму. Если будут созданы условия для взаимодействия электромагнитного поля, возникающего вокруг сварочной дуги, с посторонними магнитными полями, с собственным полем сварочной цепи, а также с ферромагнитными материалами, то в этом случае наблюдается отклонение дугового разряда от первоначальной собственной оси. При этом иногда нарушается и сам процесс сварки. Это явление получило название магнитного дутья.

Рассмотрим несколько примеров, показывающих воздействие внешнего магнитного поля на сварочную дугу.

1. Если вокруг дуги создано симметричное магнитное поле, то дуга не отклоняется, так как созданное поле оказывает симметричное действие на столб дуги (рис. 2.7, а).

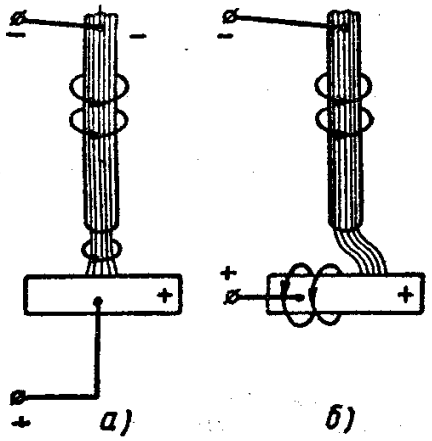

Рис. 2.7. Зависимость отклонения дуги от положения токоподвода

2. На столб сварочной дуги действует несимметричное магнитное поле, которое создается током, протекающим в изделии; столб дуги при этом будет отклоняться в сторону, противоположную токоподводу (рис. 2.7,б).

Существенное значение имеет и угол наклона электрода, который также вызывает отклонение дуги (рис. 2.8).

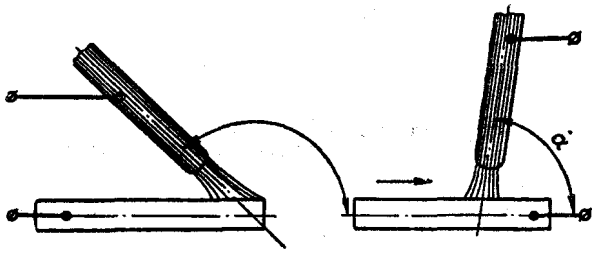

Рис. 2.8. Влияние наклона электрода на отклонение дуги.

Сильным фактором, действующим на отклонение дуги, являются ферромагнитные массы: массивные сварные изделия (ферромагнитные массы) имеют большую магнитную проницаемость, чем воздух, а магнитные силовые линии всегда стремятся пройти по той среде, которая имеет меньшее сопротивление, поэтому дуговой разряд, расположенный ближе к ферромагнитной массе, всегда отклоняется в ее сторону (рис. 2.9).

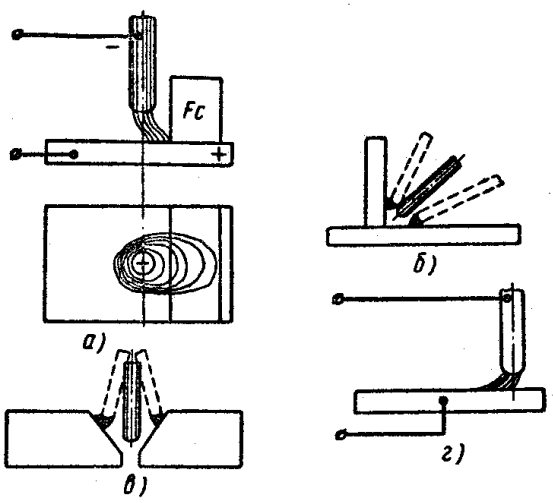

Рис. 2.9. Влияние ферромагнитных масс на отклонение дуги при сварке: а - в сторону массивной детали; б — при выполнении углового шва; в — при выполнении стыкового шва в разделку; г — при выполнении стыкового шва.

Влияние магнитных полей и ферромагнитных масс можно устранить путем изменения места токоподвода, угла наклона электрода, путем временного размещения ферромагнитного материала для создания симметричного поля и заменой постоянного тока переменным.

Контрольные вопросы:

1. Что такое сварочная дуга?
2. Из каких зон состоит сварочная дуга?
3. Каковы особенности вольт-амперной характеристики сварочной дуги?
4. Как и почему возбуждается дуга при коротком замыкании электрода на изделие?
5. В чем особенности горения дуги переменного тока?
6. Что такое магнитное дутьё?

Лекция № 3.

Источники питания сварочной дуги

План:

3.1. Общие сведения об источниках питания сварочной дуги

3.2. Классификация источников питания сварочной дуги

3.3. Обозначение источников питания сварочной дуги

3.1. Общие сведения об источниках питания сварочной дуги

Источником питания (ИП) сварочной дуги называют устройство, которое обеспечивает необходимый род и силу тока дуги.

Источник питания и сварочная дуга образуют взаимосвязанную энергетическую систему, в которой источник питания выполняет следующие основные функции: обеспечивает условия начального возбуждения (зажигания) дуги, ее устойчивое горение в процессе сварки и возможность производить настройку (регулирование) параметров режима.

Важной технической характеристикой источника питания, которая обусловливает возможность его работы с той или иной разновидностью дуги, является зависимость напряжения U на "сварочных" зажимах (клеммах) источника питания от сварочного тока I. Эту зависимость называют внешней вольт-амперной характеристикой (ВАХ) источника питания. Наиболее характерные ВАХ для источников питания: крутопадающая 7, пологопадающая 2 и жесткая 3.

Устойчивое горение дуги и, следовательно, качественное формирование сварного шва возможны при выполнении ряда условий. Одно из них - равенство напряжения и тока ИП напряжению и току дуги. Это возможно, если ВАХ источника и ВАХ дуги пресекаются хотя бы в одной точке. Например, дуга будет устойчивой, если ВАХ источника 1 пересекает ВАХ 4, 5 и 6 дуги, характерные для ручной дуговой сварки, а это возможно, только если источник имеет крутопадающую ВАХ. В процессе ручной

дуговой сварки часто происходят значительные изменения длины дуги и, следовательно, падения напряжения на нее. При таких изменениях точка пересечения ВАХ будет смещаться, например из точки A_2 точку A_3. Это вызовет изменение силы тока на величину ΔI, которая будет тем меньше, чем круче ВАХ источника. Значит, источники с крутопадающей характеристикой для ручной сварки предпочтительнее.

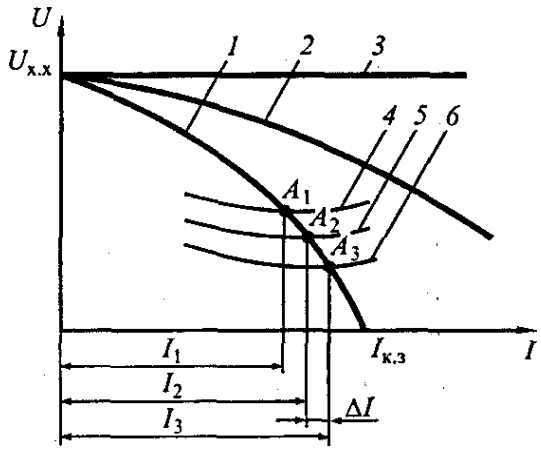

Рис. 3.1. Крутопадающая 1, пологопадающая 2 и жесткая 3 внешние вольт-амперные характеристики источника питания в сочетании с вольтамперными характеристиками сварочных дуг (4, 5 и 6) различной длины

Источники с пологопадающей ВАХ применяют для автоматической сварки под флюсом, с жесткой - для полуавтоматической и автоматической сварки плавящимся электродом в защитных газах. Использование таких ВАХ уменьшает потери мощности в сварочных трансформаторах по сравнению с крутопадающими ВАХ и увеличивает эффект саморегулирования дуги, горящей с плавящегося электрода.

Рассмотрим сущность этого эффекта. Уменьшение силы тока сварки, например при увеличении длины дуги, ведет к уменьшению скорости плавления электродного металла. При неизменной скорости подачи проволоки конец ее при меньшей скорости плавления приблизится к изделию. Длина дуги уменьшается, возрастают сила тока и скорость

плавления проволоки. Процесс продолжается до восстановления прежних значений силы тока и длины дуги. Эффект выражен тем сильнее, чем большими изменениями силы тока сопровождаются колебания длины дуги, что и наблюдается при пологопадающих и жестких ВАХ источника.

Другая важная характеристика источника - диапазон регулирования тока от I_{min} до I_{max}, что необходимо при изменениях толщины свариваемого металла и диаметра электрода. Этот диапазон характеризуют отношением

$$K_P = \frac{I_{max}}{I_{min}} \ ,$$

которое называют кратностью регулирования. Современные источники имеют K_p = 3...6.

При сварке плавящимся электродом процесс возбуждения дуги начинается с кратковременного (доли секунды) короткого замыкания $I_{к.з.}$ электрода на изделие. Источники питания должны обеспечивать силу тока $I_{к.з.}$ превосходящую рабочее значение силы тока дуги в 1,5...2 раза.

Работу любого источника характеризуют три основных его состояния: режим холостого хода (сварочная цепь разомкнута, дуга не горит), режим короткого замыкания (в сварочной цепи течет ток короткого замыкания $I_{к.з.}$) и режим нагрузки (горит дуга при заданном рабочем токе). Этим состояниям соответствуют определенные точки его ВАХ (см. рис. 3.1).

При производстве сварочных работ источник находится или в рабочем состоянии в течение времени $t_р$, или в режиме холостого хода в течение времени $t_п$. Оба состояния периодически повторяются. Поэтому принято говорить, что ИП работает в повторно-кратковременном режиме, который характеризуют продолжительностью включения:

$$ПВ = \frac{t_p}{t_p + t_П} 100\%$$

ГОСТ 18311-72 предусматривает в зависимости от условий работы источника значения ПВ = 5%; 10%; 15%; 30%; 65%; 100%, с учетом которых

для каждого типа источника тока рассчитывают номинальный ток $I_{ном}$, при котором источник не будет нагреваться:

Здесь $I_{дл}$ - длительный допустимый ток при ПВ = 100%. Источники питания изготавливаются различной мощности на номинальные токи силой от 40 до 5000 А, конкретные значения которых в этих пределах установлены ГОСТ.

Значение ПВ и номинального тока - это параметры источника питания. Наряду с ними возможности источника и область его применения при сварке характеризуются диапазоном регулирования значения сварочного тока, напряжением питающей сети и коэффициентом полезного действия.

3.2. Классификация источников питания сварочной дуги

Источники питания можно классифицировать:

1) по роду тока в сварочной цепи:

а) источники переменного тока - сварочные однофазные и трехфазные трансформаторы, специализированные установки для сварки алюминиевых сплавов;

б) источники постоянного тока - сварочные выпрямители и генераторы с приводами различных типов;

2) по способу получения энергии:

а) зависимые, получающие энергию от стационарной электрической сети;

б) независимые, имеющие источником энергии двигатель внутреннего сгорания, агрегатированный с источником питания сварочной дуги

3) по количеству обслуживаемых постов:

а) однопостовые;

б) многопостовые;

4) по применению:

а) общепромышленные - источники питания для ручной дуговой сварки покрытыми электродами, а также для механизированной сварки под флюсом

б) специализированные - источники питания, предназначенные для сварки легких металлов и их сплавов, тонкой и особо тонкой стали всех марок, для особо качественных соединений, работающие сжатыми и импульсными сварочными дугами.

3.3. Обозначение источников питания сварочной дуги

В обозначениях источников питания (рис. 3.2) первая буква, указывает тип источника питания: Т - трансформатор, В - выпрямитель, П - преобразователь, У - установка. Вторая буква - вид сварки: Д - дуговая, П – плазменная. Третья буква – способ сварки: Ф - под флюсом, Г - в защитных газах, У – универсальный источник, или обозначает дополнительные сведения: М - многопостовой, И - для импульсной сварки. Отсутствие третьей буквы означает ручную сварку. Первые цифры после букв - сила номинального сварочного тока в сотнях ампер, две последующие цифры - регистрационный номер изделия. Буквы и цифры после них климатическое исполнение: У - умеренный, Т - тропический, М - морской климат.

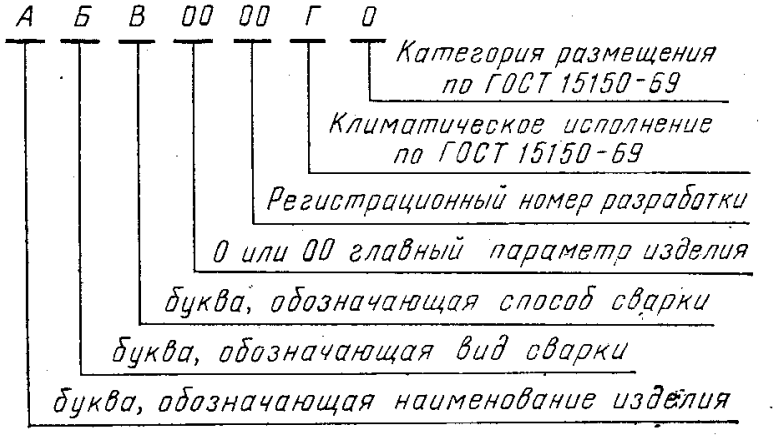

Рис. 3.2. Структура обозначений типов источников питания сварочной дуги

Например, ТД301У2 означает, что это трансформатор (Т) для дуговой (Д) ручной сварки штучными электродами (отсутствие третьей буквы), с номинальным током 300 А, регистрационный номер 01 для умеренного климата (У), второй категории размещения (2).

Контрольные вопросы:

1. Что называют внешней вольт-амперной характеристикой источника питания дуги?
2. Какая ВАХ должна быть у источника питания, предназначенного для ручной дуговой сварки?
3. Что такое ПВ источника питания?
4. Что означает обозначение трансформатора ТДФ-1601-ТМ?
5. Что означает обозначение установки УДГУ-302?
6. Что означает обозначение ВД-306?

Лекция № 4. Сварочные трансформаторы

План:

4.1. Общие сведения о сварочных трансформаторах

4.2. Типы сварочных трансформаторов

4.3. Параллельное включение сварочных трансформаторов

4.1. Общие сведения о сварочных трансформаторах

Сварочный трансформатор - это электромагнитный аппарат, преобразующий напряжение 220...380 В промышленной сети переменного тока в более низкое напряжение, регламентируемое ГОСТами на сварочное оборудование, и обеспечивающий необходимую силу сварочного тока

Необходимая для устойчивого процесса сварки крутопадающая ВАХ сварочного трансформатора создается разработанными специально для сварки конструкциями трансформаторов с увеличенными магнитными потоками рассеяния. Наибольшее распространение получила конструкция сварочного трансформатора с подвижными обмотками. Такой трансформатор (рис. 4.1) состоит из замкнутого магнитопровода 7, который шихтуется из пластин электротехнической стали марок Э320, Э330.

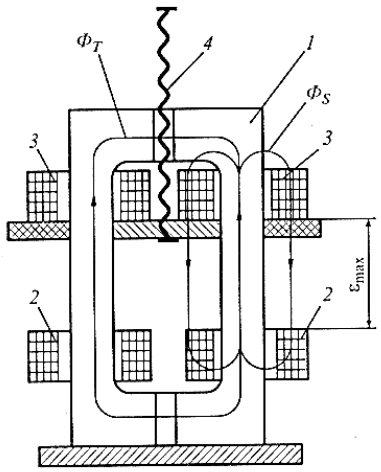

Рис. 4.1. Схема сварочного трансформатора с подвижными обмотками:

1 - замкнутый магнитопровод; *2* - катушки первичной обмотки; *3* - катушки вторичной обмотки; *4* - рукоятка

Первичная обмотка, состоящая из двух соединенных последовательно катушек 2 и подключаемая к промышленной сети, крепится на магнитопроводе 1 неподвижно. Вторичная обмотка выполняется также в виде двух катушек *3,* которые могут свободно перемещаться вдоль стержней магнитопровода при вращении рукоятки *4.* Работа трансформатора основана на электромагнитном взаимодействии первичной 2 и вторичной *3* обмоток через магнитопровод. В передаче энергии участвуют два переменных магнитных потока: основной $Ф_T$, который проходит только по магнитопроводу, и поток рассеяния $Ф_S$, который проходит и по магнитопроводу, и по воздуху. В режиме холостого хода катушки 2 первичной обмотки подключены к питающей электрической сети с напряжением U_1 = 220...380 В. Образуется замкнутый контур, по которому проходит ток холостого хода $I_{x.x}$. В этом режиме сварочная цепь (вторичный контур), в которую включена вторичная обмотка *3,* разомкнута. Вторичное напряжение трансформатора равно напряжению холостого хода $U_2 = U_{X.X}$. Его значения выбирают при расчете трансформатора из условия надежного возбуждения дуги и требований техники безопасности $U_{X.X} \leq 65$ В.

В режиме нагрузки, когда горит сварочная дуга, вторичный контур также становится замкнутым. По нему проходит ток дуги (сварочный ток). Этот ток регулируется за счет изменения расстояния между катушками 2 и *3* первичной и вторичной обмоток. Если развести катушки 2 и *3* на максимальное расстояние ε_{max}; магнитный поток рассеяния $Ф_S$ будет самым большим, а магнитный поток $Ф_T$ и, следовательно, сварочный ток будут минимальными. Если приближать катушку 2 к катушке 3, то магнитный поток рассеяния будет уменьшаться, а поток $Ф_T$ и сварочный ток - увеличиваться. Для трансформаторов с подвижной обмоткой кратность регулирования сварочного тока $К_р < 5$. Необходимое для сварки значение силы тока сварщик устанавливает, вращая рукоятку *4* сварочного

трансформатора и ориентируясь по указателю значений силы тока, который устанавливается на кожухе трансформатора.

В режиме короткого замыкания сварочная цепь замкнута электродом на изделие. Ток короткого замыкания превышает сварочный ток (ток дуги) обычно в 1,1... 1,2 раза. Это условие при ручной дуговой сварке выполняется для всех конструкций сварочных трансформаторов, чтобы обеспечивалось начальное возбуждение дуги.

4.2. Типы сварочных трансформаторов

Серийно выпускаются несколько типов трансформаторов с подвижными обмотками (рис. 4.2, табл. 4.1).

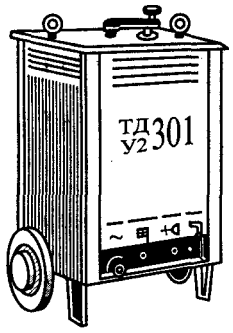

Рис. 4.2. Трансформатор с подвижными обмотками для ручной дуговой сварки

Таблица 4.1.

Технические характеристики источников питания сварочной дуги

Тип источника питангия	Напряжение, В		Сила сварочного тока, А		ПВ, %	Потребляемая мощность, кВ·А
	U_1	U_{xx}	$I_{ном}$	Диапазон регулирования		
Трансформаторы с подвижными обмотками						
ТД-101	220	65	50	30...50	20	2,1
ТД-304	220;380	61...79	300	60...385	60	19,4
ТД-504	220;380	59...73	500	100...560	50	26,6
ТСК-300	380	63	300	110...385	65	20
ТСК-500	380	60	500	165...560	65	32
Трансформаторы для сварки под флюсом						
ТДФ-1001	220;380	68...71	1000	400...1200	100	82
ТДФ-1601	380	75...105	1600	600...1800	100	182
ТДФ-2001	380	68...79	2000	800...2200	65	170

Основные из них - это трансформаторы ТД и ТСК. Последние отличаются тем, что параллельно первичной обмотке для улучшения энергетических показателей у них включены конденсаторы.

Трансформаторы с подвижными обмотками чаще других применяются для ручной дуговой сварки. Кроме них применяют трансформаторы, в которых поток рассеяния (и сварочный ток) изменяют поворотом магнитного шунта - среднего подвижного звена сердечника (трансформаторы типа СТШ), а также малогабаритные трансформаторы типов ТДП, ТСП, АДЗ, в которых регулирование тока производят с помощью переключения секций вторичной обмотки или с помощью дополнительных обмоток.

Для автоматической и полуавтоматической сварки плавящимся электродом под слоем флюса выпускаются и специальные трансформаторы типа ТДФ (рис. 4.3, см. табл. 4.1).

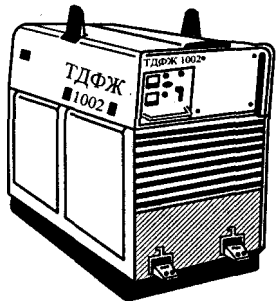

Рис. 4.3. Трансформатор ТДФ для дуговой сварки под флюсом

Сварку под флюсом ведут на повышенной силе тока, поэтому дуга горит устойчиво и шов формируется качественно на возрастающей ветви ВАХ дуги (рис. 4.4, кривые *3* и *4)*. Значит, внешняя ВАХ трансформатора должна быть пологопадающей (кривая 2). Увеличение крутизны ВАХ (кривая 7) приведет к уменьшению значения сварочного тока, при котором процесс сварки может идти устойчиво, так как пересечение характеристик дуги с ВАХ источника в точках A_1 и A_2 сместится влево.

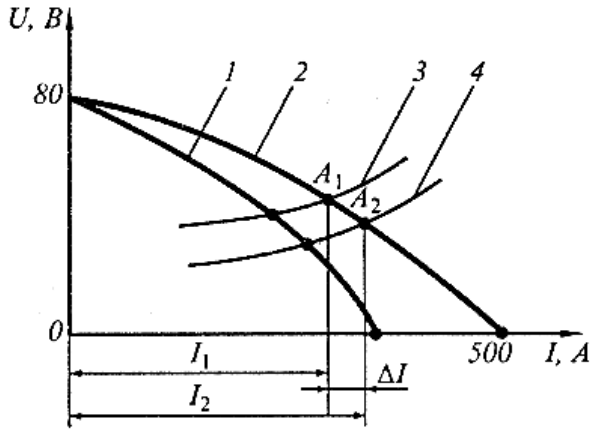

Рис. 4.4. Вольт-амперные характеристики источника питания (1 и 2) и сварочных дуг различной длины (3 и 4) при сварке под флюсом

Пологопадающую ВАХ трансформаторов ТДФ создают с помощью электромагнитного шунта *3* (рис. 4.5), имеющего обмотки *4,* питающиеся от отдельного регулируемого источника тока. Шунт *3* набран из стальных пластин и установлен неподвижно внутри сердечника 7 трансформатора. На сердечнике установлены первичная 2 и вторичная *5* обмотки, состоящие каждая из двух катушек. Обмотки закреплены на сердечнике неподвижно и разнесены друг от друга так, что образуется увеличенный магнитный поток рассеяния Φ_S.

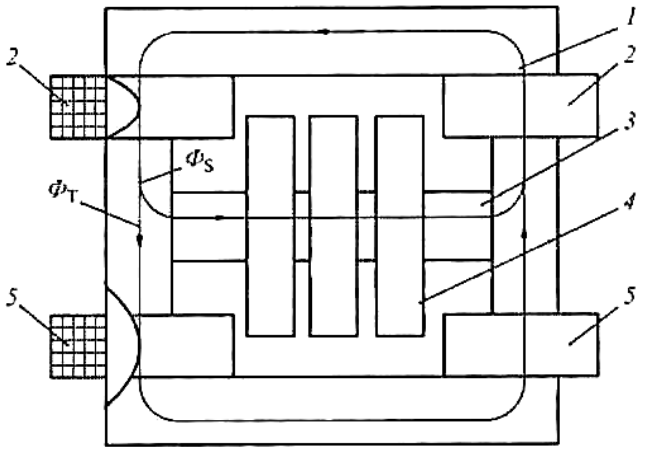

Рис. 4.5. Схема трансформатора с электромагнитным шунтом:

1 - сердечник; 2 -первичная обмотка; *3* - шунт; *4* - обмотки; 5 - вторичная обмотка.

В режиме холостого хода первичная обмотка 2 подключена к питающей сети напряжением 380 В. Сварочный контур разомкнут, тока в нем нет, напряжение холостого хода Ux.x ≤80 В. Трансформатор рассчитывают из условия $U_{x.x}$= (1,5...3,0) $U_д$. В режиме нагрузки, когда горит дуга, сварочный контур, состоящий из вторичной обмотки 5 трансформатора, сварочных проводов и дуги, замкнут, в нем течет сварочный ток.

Когда ток в обмотке 4 шунта 3 равен нулю, значительная часть основного магнитного потока $Ф_T$ поток рассеяния $Ф_S$ - замыкается по магнитопроводу шунта 3, минуя вторичную обмотку 5. В сварочной цепи в этом случае ток минимальный. Если силу тока в обмотке шунта 3 увеличивать, поток $Ф_S$ уменьшается, увеличивается поток $Ф_T$ и возрастает сварочный ток. При максимальном токе в обмотке шунта $Ф_S$=0, Фт = $Ф_{Tmax}$ и ток дуги максимален.

Управление силой тока в обмотке шунта, а следовательно, и силой тока сварки в современных сварочных трансформаторах осуществляется плавно и дистанционно, с выносного пульта. В режиме короткого замыкания сварочная цепь замыкается электродом на изделие.

Ток короткого замыкания для дуговой сварки под слоем флюса $I_{К.З}$= (1,3...1,5)$I_д$. Это условие выполняется во всех конструкциях трансформаторов типа ТДФ. Эти трансформаторы обладают хорошими техническими характеристиками (см. табл. 4.1), однако, они требуют большого расхода активных материалов (трансформаторного железа на сердечник шунта и меди на его обмотку) и, следовательно, имеют большую массу.

4.3. Параллельное включение сварочных трансформаторов

При отсутствии трансформаторов достаточной мощности, можно применять трансформаторы меньшей мощности, включенные параллельно.

На параллельную работу можно включать только однотипные трансформаторы, так как в этом случае будет выполнено основное условие

для параллельной работы — равенство напряжений холостого хода, что возможно только при одинаковых коэффициентах трансформации.

Схема параллельного включения трансформаторов Т показана на рис. 4.6. Первичные обмотки трансформаторов Т подключаются обязательно к одинаковым фазам питающей сети. Вторичные обмотки соединяют . клеммами *а — а* и *b — b*, имеющими в каждый момент времени одинаковую полярность. Одна пара клемм (*b*) соединяется только при замыкании рубильника.

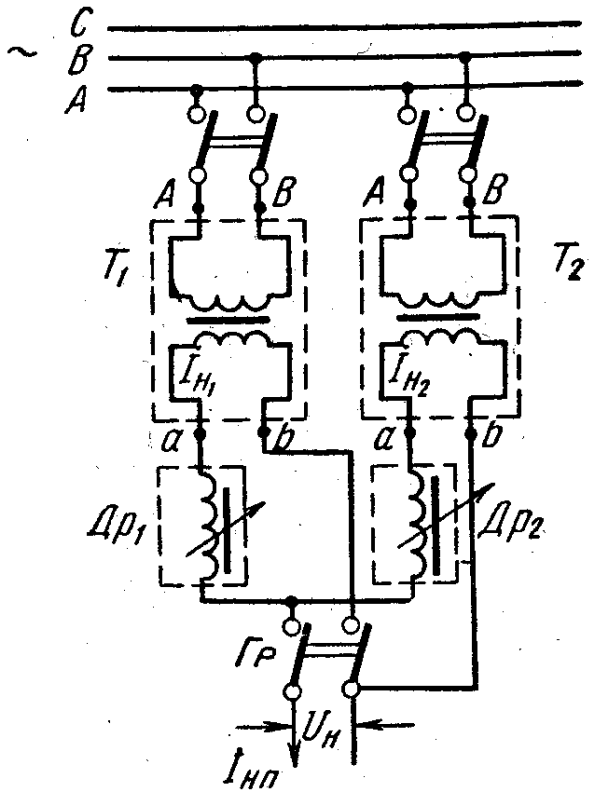

Рис. 4.6. Параллельное включение сварочных трансформаторов:

А, В, С — фазы сети переменного тока, $Т_1$, $Т_2$ — сварочные трансформаторы, $Др_1$, $Др_2$ — дроссели, Гр — рубильник, $I_{Н1}$,$I_{Н2}$ — номинальные токи для каждого трансформатора, $I_{НП}$ — номинальный ток при параллельном включении, Uн —номинальное напряжение при параллельном включении.

Гр, к которому подключены провода от сварочного поста. Когда рубильник Гр разомкнут, первичные обмотки трансформаторов $Т_1$ и $Т_2$ включают в сеть раздельно и предварительно настраивают их режим. Затем, замыкая рубильник Гр, включают трансформаторы на параллельную работу. Если

трансформаторы в однокорпусном исполнении, клеммы (*а*) соединяют между собой непосредственно.

При параллельном соединении напряжение сварочной цепи равно вторичному напряжению одного сварочного трансформатора, а ток равен сумме токов, проходящих через каждый трансформатор.

Контрольные вопросы:

1. Из каких узлов состоит сварочный трансформатор типа ТД?
2. Как регулируется сила сварочного тока в трансформаторах с подвижными обмотками?
3. Из каких узлов состоит сварочный трансформатор ТДФ?
4. Какой должна быть внешняя ВАХ источника питания дуги для сварки под флюсом?
5. Как регулируется сварочный ток в трансформаторе ТДФ?

Лекция № 5.

Сварочные выпрямители

Сварочный выпрямитель — это статический преобразователь энергии трехфазной сети переменного тока в энергию выпрямленного тока, которая используется для дуговой сварки. Выбор схемы выпрямителя зависит от области его применения. Для ручной дуговой сварки штучными электродами обычно применяют сварочные выпрямители типа ВД (рис. 5.1, 5.2). Основные узлы этих выпрямителей - это трехфазный сварочный трансформатор T_1 и блок выпрямителей V_1... V_6. На магнитопроводе сварочного трансформатора расположены первичная W_1 и вторичная W_2 обмотки на расстоянии друг от друга, что обеспечивает поток рассеяния $Ф_S$, необходимый для создания падающей ВАХ. Выпрямительный блок V_1...V_6, собран по трехфазной мостовой схеме, которая обеспечивает незначительную пульсацию амплитуды выпрямленного тока и высокую стабильность значения тепловой энергии, вводимой в свариваемый металл.

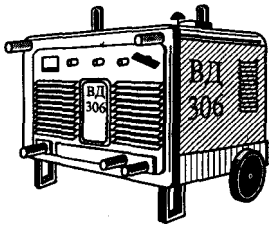

Рис. 5.1. Сварочный выпрямитель типа ВД

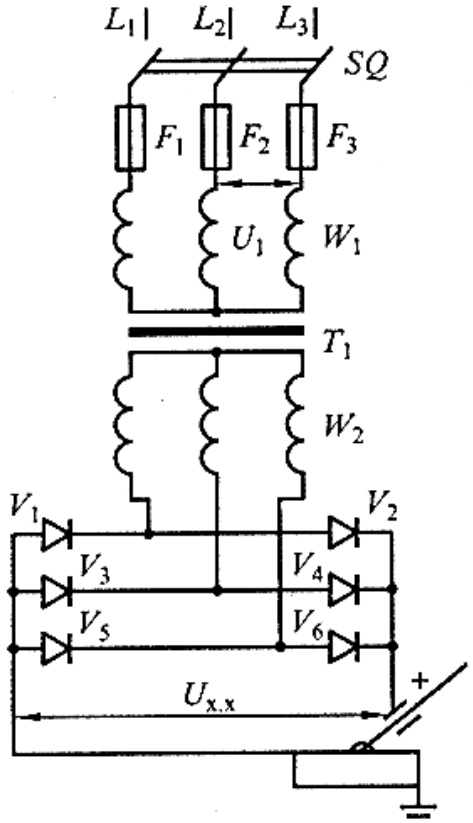

Рис. 5.2. Принципиальная схема сварочного выпрямителя типа ВД

В режиме холостого хода сварочная цепь разомкнута, $U_{X.X}$ = 65...70 В. В режиме нагрузки, когда горит дуга и идет формирование шва, сила тока при необходимости плавно регулируется за счет перемещения вторичных обмоток вдоль стержней магнитопровода трансформатора, для чего имеется механизм, рукоятка которого выведена на крышку кожуха выпрямителя.

В режиме короткого замыкания ток $I_{К.З}$= (1,1...1,3)$I_{д.}$, что достаточно для возбуждения дуги.

Выпрямители ВД обладают хорошими техническими данными (табл. 5.2).

Таблица 5.2

Технические характеристики выпрямителей для ручной дуговой сварки плавящимся электродом

Тип источника питангия	НАпряжение, В		Сила сварочного тока, А		ПВ, %	Потребляемая мощность, кВ·А
	U_1	U_{xx}	$I_{ном}$	Диапазон регулирования		

ВД-101	380	65...68	125	20...130	60	10
ВД-201	380	70	200	30...200	60	15
ВД-306	220;380	70	315	45...315	60	21
ВД-401	380	80	400	50...450	60	28

Процесс сварки плавящимся электродом в защитных газах обычно ведут при большой силе сварочного тока (более 300 А). ВАХ сварочной дуги в этом случае, особенно при сварке в углекислом газе, становится возрастающей. Значит, для устойчивого горения дуги нужно, чтобы источник питания имел жесткую ВАХ. Такой характеристикой обладают выпрямители типа ВДГ (табл. 5.3). Они имеют те же основные конструктивные элементы, что и выпрямители для ручной дуговой сварки.

Таблица 5.3

Технические характеристики выпрямителей для сварки плавящимся электродом в защитных газах

Тип выпрямителя	Напряжение, В			Сила сварочного тока, А		ПВ,%	Потребляемая мощность, кВ·А	КПД
	U_1	$U_{X.X}$	Рабочее	$I_{ном}$	диапазон регулирования			
ВДГ-302	220; 380	42	16...40	315	50...315	60	20	75
ВДГ-601	220; 380	66	18...36	630	100...700	60	69	82
ВДУ-305	220; 380	70	16...38 21...33*	315	50...315 20...315*	60	29	70
ВДУ-504	220; 380	80	18...50 23..46*	500	100...500 70...500*	60	40	82
ВДУ-1601	380	100	26...66 30...60*	1600	500...1600	100	155	84
* Для падающих внешних ВАХ								

Это трехфазный трансформатор и блок выпрямителей. Для управления сварочным током применен дроссель насыщения. Для уменьшения разбрызгивания металла в сварочную цепь включают дополнительный дроссель, имеющий переключатель для ступенчатого изменения индуктивности. Это расширяет возможности, выбора режима сварки.

Кроме выпрямителей ВДГ для сварки плавящимся электродом в защитном газе можно применять универсальные источники ВДУ (см. табл. 5.3). Их схемы предусматривают возможность переключения с падающей ВАХ на жесткую.

Выпрямитель состоит из силового трансформатора, силового блока тиристоров, дросселя, сварочной цепи, магнитного усилителя, сетевого автоматического выключателя, блока управления, блока аппаратуры, электродвигателя с вентилятором, трансформатора питания цепи управления автомата и полуавтомата и подогрева газа.

Плавное регулирование напряжения при жесткой внешней характеристики осуществляется потенциометром на блоке управления.

Подключение выпрямителя к питающей сети и защита его от коротких замыканий осуществляется автоматически выключателем, расположенным на задней стенке выпрямителя.

Вентиляция выпрямителя воздушная, принудительная. Включение и выключение сварочного тока производится выключателем на шланговом держателе.

Контрольные вопросы:

1. Из каких основных узлов состоят однопостовые выпрямители для ручной дуговой сварки?

2. Какая внешняя ВАХ должна быть у выпрямителей для дуговой сварки плавящимся электродом в защитном газе?

3. Из чего состоят выпрямители для дуговой сварки плавящимся электродом в защитном газе?

Лекция № 6.

Сварочные генераторы

Сварочные генераторы постоянного тока относятся к электрическим машинам специального назначения и выпускаются с жесткими, круто- и пологопадающими внешними ВАХ. В качестве привода для вращения вала сварочного генератора используют или синхронный электродвигатель переменного тока с короткозамкнутым ротором, или двигатель внутреннего сгорания.

Конструкции, в которых генератор объединен с электродвигателем, называют *сварочным преобразователем* (рис. 6.1), а с двигателем внутреннего сгорания - *сварочным агрегатом.* В настоящее время вращающиеся преобразователи вытесняются сварочными выпрямителями. Сварочные агрегаты незаменимы, когда сварочные работы производятся там, где отсутствуют линии электропередач или подключение к ним вызывает большие неудобства. Монтируются сварочные агрегаты на специальных шасси в виде прицепа к автомобилю или непосредственно в его кузове.

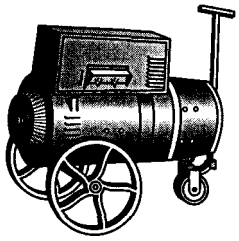

Рис. 6.1. Сварочный преобразователь

Промышленность выпускает коллекторные и вентильные генераторы. Коллекторный сварочный генератор (рис. 6.2) с независимым возбуждением имеет литой стальной корпус 1, который образует магнитную систему генератора, две пары основных полюсов 2 и 4, два дополнительных полюса (на рисунке не показаны) и якорь *3 с* обмоткой $W_Я$. На основных полюсах размещены намагничивающая $W_В$ и размагничивающая $W_Р$ обмотки генератора.

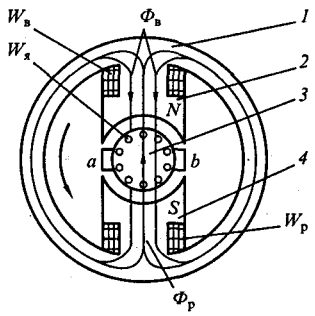

Рис. 6.2. Устройство коллекторного сварочного генератора поперечный разрез):

1 - стальной корпус; 2 и 4 - основные полюса; 3 – якорь.

Сварочный ток снимается медно-графитными щетками *a* и b с коллектора, который расположен на одном валу с якорем генератора. Вал генератора механически сопряжен с валом приводного асинхронного двигателя или с валом двигателя внутреннего сгорания. В генераторах с независимым возбуждением (рис. 6.3) обмотка W_B питается независимо от выпрямительного моста V_1... V_4 и дополнительного трансформатора T_1 от сети через выключатель SQ, и предохранители F_1...F_3. Обмотка размагничивания W_P последовательно соединена с обмоткой якоря, образуя сварочную цепь. Переключателем S_1 можно изменять число витков обмотки W_P и тем самым ступенчато регулировать силу сварочного тока. В пределах каждой ступени силу сварочного тока регулируют плавно переменным резистором R_1, меняя силу тока в обмотке W_B величину магнитного потока $Ф_B$.

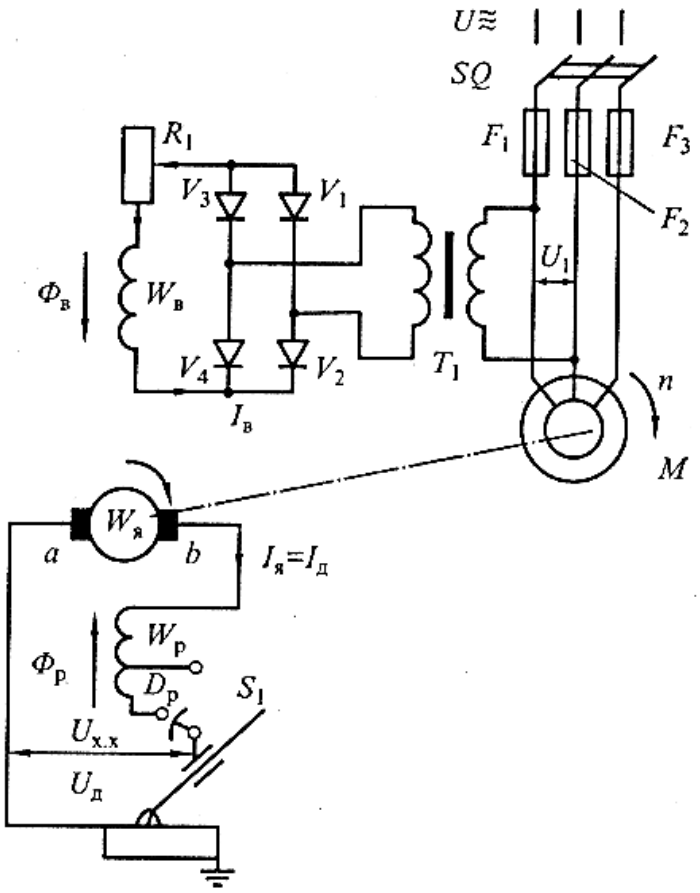

Рис. 6.3. Принципиальная схема коллекторного сварочного преобразователя с независимым возбуждением

В режиме холостого хода сварочная цепь разомкнута, на асинхронный двигатель *М* и на обмотку W_B подано напряжение U_1. Через обмотку W_B идет ток I_B, создавая магнитный поток $Ф_B$. Этот поток (см. рис. 6.2) замыкается через полюс 2 (полюс N), воздушный зазор между полюсами 2 и *4* и якорем *3,* через якорь на полюс *4* (полюс S*)*. В магнитном поле потока $Ф_B$ вращается обмотка $W_Я$ якоря *3*. На щетках *а* и *b* генератора возникает напряжение $U_{X.X}$ величина которого зависит от тока в обмотке возбуждения I_B, который можно плавно регулировать реостатом R_1 (см. рис. 6.3).

В режиме нагрузки, когда сварочная цепь замкнута, через дуговой промежуток, обмотку размагничивания $W_Р$ и обмотку якоря $W_Я$ протекает ток $I_Я = I_Д$. Обмотка размагничивания $W_Р$ создает магнитный поток $Ф_Р$,

направленный навстречу потоку $Ф_В$, за счет чего и формируется падающая ВАХ.

В генераторах с самовозбуждением обмотка $W_В$ питается от обмотки якоря $W_Я$, через щетку *b* и дополнительную щетку, которую устанавливают посредине коллектора между щетками *a* и *b*. Обмотка размагничивания $W_Р$ включается последовательно с обмоткой якоря $W_Я$ так же, как и в предыдущем случае. В остальном генераторы с самовозбуждением устроены и работают так же, как и генераторы с независимым возбуждением.

Вентильные генераторы вырабатывают трехфазный переменный ток частотой 200 или 400 Гц, который затем преобразуется в постоянный выпрямительным блоком, входящим в конструкцию генератора.

Внешняя ВАХ вентильного генератора - падающая, регулировка сварочного тока ступенчатая (две ступени) и плавная в пределах каждой ступени.

В промышленности применяется целое семейство сварочных преобразователей с различными техническими характеристиками (табл. 6.1).

Таблица 6.1

Технические характеристики сварочных преобразователей и агрегатов

Тип		Напряжение, В		Сила сварочного тока, А		ПВ, %	$Р_{ном}$, КВА	Примечание
Преобразователя	Генератора	U_1	$U_{х.х}$	$I_{ном}$	Предел регулирования			
ПД-303	ГСО-300	380	65	300	100...300	65	10	Независимое возбуждение
ПСО-300-2	ГСО-300	380	50-70	315	115...315	60	16	Самовозбуждение
САМ-300	ГСО-300-М	380	50..70	300	80....380	65	14	«-«
ПД-501	ГСО-500	380 220	90	500	125...500	60	30	«-«
ПС-500	ГСО-500-11	380	60...90	500	120...600	65	28	«-«
АСДП	СГП-3	380	60...90	500	120...500	60	20	«-«
ПСГ-500	ГСГ-500	380 220	40	500	60...500	60	20	«-«

Для сварки плавящимся электродом в углекислом газе созданы специальные преобразователи типа ПСГ. Они могут иметь жесткую или падающую ВАХ.

Контрольные вопросы:

1. Какая разница между сварочным преобразователем и сварочным агрегатом?
2. Как устроен сварочный генератор?
3. Как регулируется сварочный ток в генераторах?

Лекция № 7.

Многопостовые источники питания

План:

7.1. Общие сведения о многопостовых источниках питания сварочной дуги

7.2. Балластные реостаты

7.1. Общие сведения о многопостовых источниках питания сварочной дуги

Многопостовые сварочные выпрямители предназначены для одновременного питания выпрямленным током через балластные реостаты нескольких сварочных постов при ручной дуговой сварке (выпрямители типа ВДМ) и при механизированной сварке в среде защитного газа (выпрямители типа ВД1М). Число сварочных постов *n*, которые могут работать одновременно от одного выпрямителя, определяют как отношение номинального тока $I_{ном}$ многопостового выпрямителя к максимальному току $I_П$ одного поста:

$$n = \frac{I_{ном}}{I_П \alpha}$$

Здесь α = 0,6...0,65 - коэффициент одновременности работы постов.

Многопостовые сварочные выпрямители (табл. 7.1) имеют жесткие внешние ВАХ. Необходимая для ручной дуговой сварки падающая характеристика создается на каждом из постов с помощью балластных реостатов (рис. 7.1), которые входят в комплект поставки многопостовых выпрямителей.

Таблица 7.1

Технические характеристики многопостовых выпрямителей

Тип выпрямителя	Напряжение, В		Сила номинального сварчоного тока, А	ПВ %	Число постов	Тип реостата	Тип дроселя
	U_1	$U_{си}$					
ВДМ-1001	380	60	1000	60	7	РБ-301	

ВДМ-1601	380	60	1600	60	9	РБ-301	ДР-401
ВДМ-1602	380	30	1600	60	9	РБГ-201	ДР-401
ВДМ-1602-1	380	50	1600	60	5	РБГ-401	ДР-401

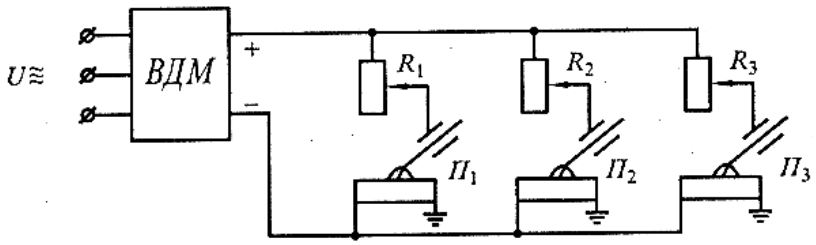

Рис. 7.1. Схема подключения сварочных постов П1...П3 к многопостовому выпрямителю ВДМ: R1...R3 ~ балластные реостаты

7.2. Балластные реостаты

Балластный реостат (рис. 7.2) имеет несколько элементов сопротивления (катушек) из константановой проволоки, намотанной на рамки. Регулируется сварочный ток посредством пяти рубильников, обеспечивающих 20 ступеней тока от 10 до 200А через каждые 10А. Применяют также реостаты РБ-300, имеющие 20 ступеней регулирования от 15 до 300А, через 15А . Если нужно получить в дуге ток более 200 или 300 а, то для каждой дуги включают параллельно два балластных реостата. Тогда наибольший ток, пропускаемый реостатами, увеличивается в два раза.

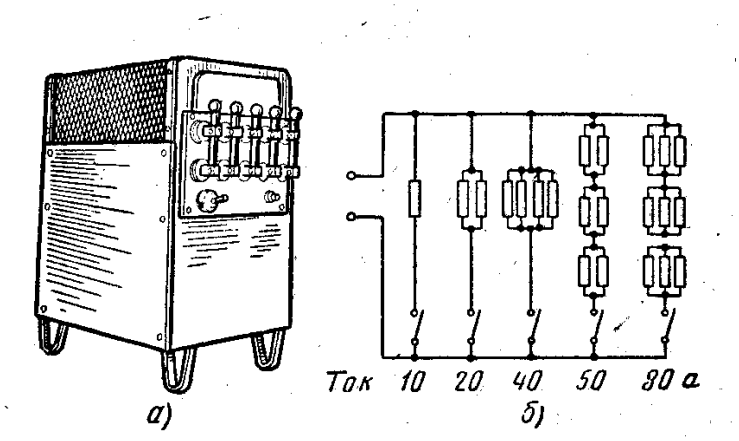

Рис. 7.2. Балластный реостат:

а – внешний вид; б – схема сопротивлений реостата.

Техническая характеристика балластных реостатов приведена в табл. 7.2

Таблица 7.2

Технические характеристики балластных реостатов

Тип	Сварочный ток, А		Габаритные размеры, мм	Масса, кг
	номинальный при (ПН=60%)	пределы регулирования		
РБ-201	200	10-200	550х355х635	30
РБ-300	300	10-300	550х370х700	38
РБ-301	300	10-300	580х410х635	35
РБ-501	500	10-500	580х465х635	40
РБГ-301	300	До315	600х410х390	32
РБГ-502	500	До 500	580х465х648	40

Кроме реостатов вместе с выпрямителями для сварки в защитных газах поставляются дроссели типа ДР. Их включение в сварочную цепь уменьшает пульсацию выпрямленного тока и повышает стабильность процесса сварки.

Техническая характеристика стабилизирующих разделительных дросселей приведена в таблице

Таблица 7.3

Технические характеристики стабилизирующих разделительных дросселей

Тип	Номинальный ток, А	Индуктивность, мГ	Число ступеней регулирования	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
ДР-301	300	0,3-0,15	2	400х252х482	47

Контрольные вопросы:

1. Как определить допустимое число сварочных постов, работающих одновременно от одного многопостового источника питания?

2. Как обеспечить падающую ВАХ на каждом из постов дуговой сварки, питаемых одним многопостовым источником?

3. Зачем при питании нескольких дуг от многопостового выпрямителя применяют дроссели?

Лекция №8.

Специализированные источники питания

План:

8.1. Общие сведения о специализированных источниках питания

8.2. Вспомогательные устройства источников питания

8.1. Общие сведения о специализированных источниках питания

Для дуговой сварки алюминиевых сплавов в защитных газах применяют специальные установки однофазного и трехфазного токов. При сварке алюминиевых сплавов дуга, горящая с неплавящегося электрода в защитном газе, обладает особенностями. Горит она при низком напряжении, $U_Д$ = 10...20 В. Её ВАХ имеет горизонтальный участок в большом диапазоне силы сварочного тока. При смене полярности, когда напряжение становится равным нулю, возможен обрыв дуги, что требует специальных мер по ее стабилизации. Ток дуги в один полупериод больше, чем в другой, происходит частичное его выпрямление, что обусловлено физическими свойствами тугоплавкой окисной пленки, которую алюминиевые сплавы имеют на своей поверхности. Выравнивание силы тока в оба полупериода (устранение постоянной составляющей тока) достигается включением в сварочную цепь последовательно с обмоткой трансформатора батареи конденсаторов. Устойчивое горение дуги достигается, в частности, использованием крутопадающей ВАХ источника питания (рис. 8.1).

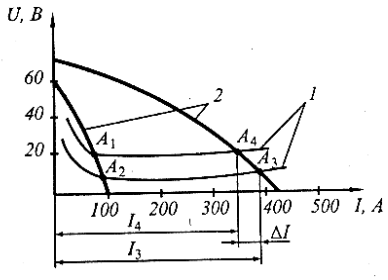

Рис. 8.1. Вольт-амперные характеристики источника питания (2) и дуги (1) разной длины при сварке алюминиевых сплавов неплавящимся электродом в аргоне

Чем она круче, тем меньше изменение силы тока ΔI при изменениях длины дуги, тем стабильнее будет гореть дуга. Наибольшее распространение для сварки алюминиевых сплавов толщиной менее 10 мм получили установки типа УДГ (табл. 8.1).

Таблица 8.1

Технические характеристики специализированных источников питания сварочной дуги

Тип источника питангия	Напряжение, В		Сила сварочного тока, А		ПВ, %	Потребляемая мощность, кВ·А
	U_1	U_{xx}	$I_{ном}$	Диапазон регулирования		
УДГ-101	220;380	70	50	2...80	60	7
УДГ-301	220;380	75	315	15...315	60	25
УДГ-501	380	72	500	40...500	60	40
УДГУ-301	380	75	315	15...315	60	25
УДГУ-501	380	65	500	15...500	60	28

Основной элемент их конструкции - сварочный трансформатор с электромагнитным шунтом, обеспечивающий крутопадающую ВАХ. Значительное место в их конструкции занимает батарея электролитических конденсаторов С (рис. 8.2), для возбуждения дуги предусмотрен осциллятор 7, для стабилизации дугового разряда в момент перехода тока через ноль - стабилизатор 2, для управления током сварки - блок управления *3*.

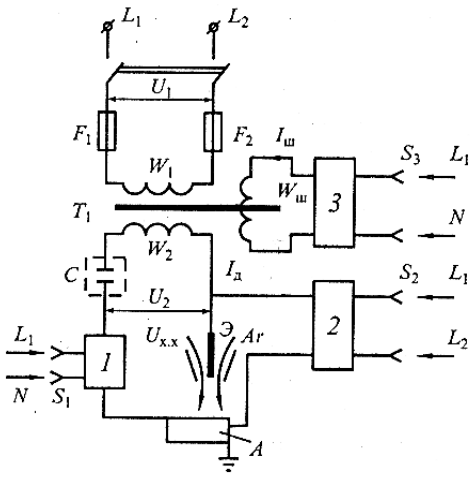

Рис. 8.2. Принципиальная схема установки УДГ:

1 - осциллятор; 2 – стабилизатор дуги; *3* - блок управления сварочным током; С – батарея конденсаторов; T_1 – сварочный трансформатор с шунтом;

W_1, W_2 и $W_ш$ – первичная и вторичная обмотки трансформатора и обмотка шунта; Э - вольфрамовый электрод; А - алюминиевая деталь; *Ar* - защитный газ (аргон); L_1, L_2, N – фазы электрической сети и нулевой провод; S_1, S_2, S_3 - клеммы

При дуговой сварке неплавящимся электродом в отличие от сварки плавящимся электродом можно выделить следующие режимы: холостой ход, возбуждение дуги, режим нагрузки. В режиме холостого хода сварочная цепь разомкнута и ток в ней отсутствует. Напряжение холостого хода 65...75 В**,** причем большее его значение допускается для автоматической сварки. Режим возбуждения дуги характерен наличием во вторичном контуре тока высокой частоты и высокого напряжения, а также высокочастотным искровым разрядом между электродом и изделием. При исправной сварочной цепи и надлежащей настройке осциллятора этот режим длится десятые доли секунды и после возникновения дугового разряда установка переходит в режим нагрузки. Возбуждение дуги способом короткого замыкания не рекомендуется, так как в этом случае неизбежно частичное разрушение электрода, частицы которого попадают в сварочную ванну и остаются в шве после его кристаллизации, снижая его прочность. В режиме нагрузки при заданном значении силы тока дуги формируется сварной шов. В конце процесса сварки рабочее значение силы тока плавно уменьшают до минимального, используя блок управления *3*. Происходит заварка кратера - углубления в конце шва, образующегося при резком включении тока.

Для дуговой сварки неплавящимся электродом кроме установок УДГ выпускаются установки типа УДГУ (рис. 8.3, см. табл. 8.1), которые позволяют вести процесс как на переменном, так и на постоянном токе, например при сварке коррозионно-стойких сталей.

Разработаны и применяются в промышленности специализированные установки ТИР и А126, в которых переменный сварочный ток имеет не синусоидальную, а прямоугольную форму каждой полуволны.

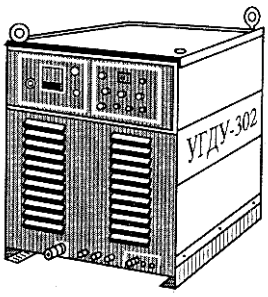

Рис. 8.3. Универсальная установка УДГУ-302

8.2. Вспомогательные устройства источников питания

Осциллятор—это устройство, преобразующее ток промышленной частоты низкого напряжения в ток высокой частоты (150—500 тыс. Гц} и высокого напряжения (2000—6000 В), наложение которого на сварочную цепь облегчает возбуждение и стабилизирует дугу при сварке.

Основное применение осцилляторы нашли при аргонодуговой сварке переменным током неплавящимся электродом металлов малой толщины и при сварке электродами с низкими ионизирующими свойствами покрытия.

Осциллятор (рис. 8.4) состоит из колебательного контура (конденсаторы C_1, C_2, C_3, C_4) и двух индуктивных дроссёльных катушек Др1 и Др2, повышающего трансформатора ПТ, высокочастотного трансформатора ВЧТ и разрядника Р.

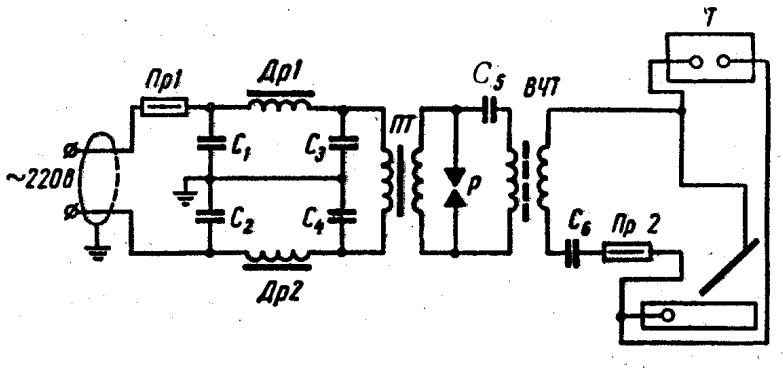

Рис. 8.4. Принципиальная электрическая схема осциллятора:

Т— сварочный трансформатор, $П_{р1}$, $П_{р2}$— предохранители, $Д_{р1}$, $Д_{р2}$— дроссели, C_1—C_3 — конденсаторы, ПТ—повышающий трансформатор, ВЧТ—высокочастотный трансформатор, Р—разрядник.

Колебательный контур генерирует ток высокой частоты и связан со сварочной цепью индуктивно через высокочастотный трансформатор, выводы вторичных обмоток которого присоединяются: один к заземленной клемме: выводной панели, другой—через конденсатор C_6 и предохранитель Пр2 ко второй клемме. Для защиты сварщика от поражения электрическим током в цепь включен конденсатор C_6, сопротивление которого препятствует прохождению тока высокого напряжения и низкой частоты в сварочную цепь. На случай пробоя конденсатора C_6 в цепь включен плавкий предохранитель Пр2.

При нормальной работе осциллятор равномерно потрескивает, и за счет высокого напряжения происходит пробой зазора искрового разрядника. Величина искрового зазора должна быть 1,5—2 мм, которая регулируется сжатием электродов регулировочным винтом. Напряжение на элементах схемы осциллятора достигает нескольких тысяч вольт, поэтому регулирование необходимо выполнять при отключенном осцилляторе.

При эксплуатации осциллятора необходимо следить за его правильным присоединением к силовой и сварочной цепи, а также за исправным состоянием контактов; работать при надетом кожухе; кожух снимать только при осмотре или ремонте и при отсоединенной сети; следить за исправным состоянием рабочих поверхностей разрядника, а при появлении нагара — зачистить их наждачной бумагой. Для питания осциллятора нужно применять силовой трансформатор, имеющий вторичное напряжение 65-70 В.

Импульсные возбудители дуги - устройства, которые служат для подачи синхронизированных импульсов повышенного напряжения на сварочную дугу переменного тока в момент изменения полярности. Благодаря этому значительно облегчается повторное зажигание дуги, что позволяет снизить напряжение холостого хода трансформатора до 40—50 В.

Импульсные возбудители применяют только для дуговой сварки в среде защитных газов неплавящимся электродом. Возбудители с высокой

стороны подключаются параллельно к сети питания трансформатора (380 в), а на выходе — параллельно дуге.

Мощные возбудители последовательного включения применяют для сварки под флюсом. Импульсные возбудители дуги более устойчивы в работе, чем осцилляторы, они не создают радиопомех, но из-за недостаточного напряжения (200—300 В) не обеспечивают зажигания дуги без соприкосновения электрода с изделием.

Контрольные вопросы:

1. Какими особенностями отличается сварочная дуга, горящая между вольфрамовым электродом и алюминиевой деталью в защитном газе?

2. Из каких основных узлов состоит установка типа УДГ для сварки алюминиевых сплавов?

3. Какие можно выделить режимы работы установки для сварки алюминиевых сплавов?

Лекция № 9.

Техника безопасности при дуговой сварке. Техническое обслуживание источников питания сварочной дуги.

План:

9.1. Техника безопасности при дуговой сварке

9.2. Обслуживание сварочных трансформаторов

9.3. Обслуживание сварочных преобразователей

9.1. Техника безопасности при дуговой сварке

При выполнении работ, связанных с дуговой сваркой, возможны следующие опасности для жизни и здоровья рабочих:

— поражение электрическим током;

— поражение лучами дуги глаз и открытых поверхностей кожи;

— ушибы и порезы, которые возможны в процессе подготовки изделий к сварке и во время самой сварки;

— ожоги от разбрызгивания капель расплавленного металла и шлака;

— отравление вредными газами;

— взрывы при сварке сосудов, находящихся под давлением;

— взрывы при работе вблизи легковоспламеняющихся и взрывоопасных веществ;

— пожары из-за расплавленного металла и шлаков.

Поражение электрическим током возникает при замыкании электрической цепи сварочного аппарата через человеческое тело.

Причинами возникновения такого замыкания могут быть:

— недостаточная электрическая изоляция сварочных проводов и аппаратов;

— плохое состояние спецодежды и обуви сварщика;

— сырость помещений;

— теснота помещений;

и ряд других факторов.

В зависимости от величины электрического тока, который проходит через человека при замыкании, возможны следующие травмы (при частоте тока 50 Гц):

— при токе 0,6—1,5 мкА — легкое дрожание рук;

— при 5—7 мкА — судороги в руках;

— при 8—10 мкА — судороги и сильные боли в пальцах и кистях рук;

— при токе 20—25 мкА — паралич рук, затруднение дыхания;

— при токе 50—80 мкА — паралич дыхания;

— при токе 90—100 мкА — паралич дыхания, а при длительности воздействия более 3с — паралич сердца;

— при токе 3000 мкА и длительности воздействия более 0,1 с — паралич дыхания и сердца, разрушение тканей тела.

Следовательно, смертельной нужно считать величину тока порядка 100 мкА или 0,1 А.

Если электрический ток имеет частоту свыше 500 Гц, его опасное воздействие существенно ослабевает. Воздействие электрического тока существенно зависит от величины сопротивления человеческого тела, которое в различных частях имеет разную величину. Например, наибольшее сопротивление имеет сухая кожа, ее верхний роговой слой, в котором нет кровеносных сосудов.

Сопротивление тела зависит от внутренних условий (усталость, психологическая подавленность и др.) и внешних условий (температура, влажность, загазованность и др).

При напряжении электрического тока более 100 В происходит пробой верхнего рогового слоя кожи, что влечет за собой общее уменьшение сопротивления тела.

При определении условий электробезопасности сопротивление тела считают равным 1000—2000 Ом в зависимости от величины напряжения.

Безопасным считается напряжение, равное 12 В, а при работе в сухих, отапливаемых и вентилируемых помещениях — 36 В.

Для защиты сварщика от поражения электрическим током следует соблюдать следующие условия:

— надежно заземлять корпус источника питания дуги и свариваемое изделие;

— не использовать контур заземления для обратного провода;

— надежно изолировать рукоятку электрододержателя;

— работать в сухой и прочной спецодежде и рукавицах (ботинки сварщика не должны иметь в подошве металлических гвоздей и шпилек);

— в случае отсутствия укрытий прекращать работу при дожде и сильном снегопаде;

— не производить самому ремонт оборудования и аппаратуры (такую работу должен производить электрик);

— при работе внутри сосудов использовать резиновый коврик и переносную лампу напряжением не более 12В.

Защитное заземление — это соединение металлическим проводом частей электрического устройства с землей.

Земля используется как проводник в цепи замыкания в аварийном режиме работы. При грамотно выполненном заземлении электрооборудования образуются две параллельные электрические ветви: одна с небольшим сопротивлением (3—4 Ом), а другая, в которую входит человек, с большим сопротивлением (2000 Ом). Поэтому при случайном касании тела человека о корпус источника питания, оказавшегося под напряжением, ток через тело человека практически не пойдет.

Заземление выполняется различными способами в зависимости от величины напряжения и системы электроснабжения (с изолированной нейтрально или с глухо заземленной нейтралью).

На рис. 9.1 приведена схема подключения сварочного трансформатора в случае питания его от сети с глухозаземленной нейтралью. На схеме показано, что для питания однофазного сварочного трансформатора используется трехжильный шланговый кабель, проложенный от пункта подключения до вводной коробки трансформатора. Третья жила кабеля подсоединяется одним концом к корпусу пункта подключения, а другим — к заземляющему болту на корпусе трансформатора. Зажим обмотки низкого напряжения присоединяется к свариваемой детали и одновременно заземляющим металлическим проводником — к заземляющему болту на корпусе сварочного трансформатора.

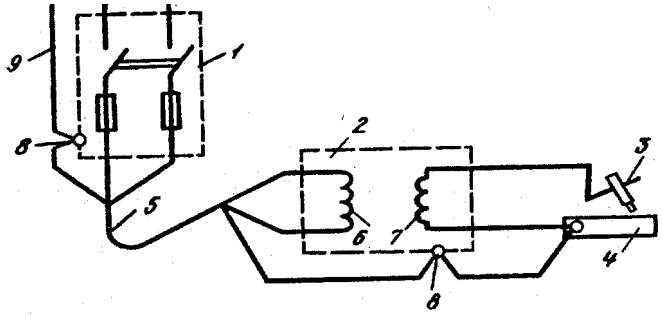

Рис. 9.1. Схема подключения сварочного трансформатора с питанием от сети с глухозаземленной нейтралью:

1 — пункт подключения, 2 —сварочный трансформатор, 3 — электрододержатель, 4 — свариваемое изделие, 5 — питающий шланговый трехжильный провод с заземляющей жилой, 6 — первичная обмотка трансформатора, 7 — вторичная обмотка трансформатора, 8 — заземляющий болт на корпусе трансформатора и на пункте подключения, 9 — к нулевому проводу сети.

На передвижных сварочных установках, используют переносные заземленные устройства.

Оказание первой помощи пострадавшим от электрического тока. В первую очередь необходимо отсоединить от пострадавшего токоведущий провод. Это можно сделать выключением рубильника или предохранителей,

отбрасыванием провода сухой доской, веткой и т.п. или же перерубанием провода острым инструментом с заизолированной рукояткой.

Пострадавшему необходимо обеспечить приток свежего воздуха и полный покой. При отсутствии дыхания и пульса следует немедленно начать искусственное дыхание.

В любом случае при поражениях электрическим током необходимо как можно раньше вызвать врача. Поражение электрическим током может вызвать клиническую (мнимую) смерть. Состояние клинической смерти продолжается 4—12 минут. В это время человек может быть возвращен (реанимирован) к жизни оказанием медицинской помощи, искусственного дыхания или же непрямого массажа сердца. Констатировать смерть может только врач, поэтому помощь пострадавшему следует оказывать непрерывно до момента прибытия врача. Если процедура искусственного дыхания начата на первой минуте, то исход несчастного случая, как правило, благоприятен. Пострадавшего укладывают на живот. Затем необходимо обеспечить приток свежего воздуха, расстегнуть ворот, пояс и другие части одежды, которые могут затруднять кровообращение и дыхание. Следует также вытянуть язык, который при параличе западает в гортань и перекрывает дыхательные пути.

Один человек должен удерживать язык пальцами через носовой платок, два других — делать искусственное дыхание. Для этого локти пострадавшего перемещают от нижних ребер до маковки головы. Локти необходимо перемещать параллельно земле и производить легкое нажатие локтями на середину ребер. Число движений локтями должно быть равно числу собственных глубоких дыханий.

В настоящее время широко распространен способ искусственного дыхания «рот в рот». При этом способе воздух вдувается непосредственно в рот пострадавшего, который должен лежать на спине. При этом под лопатки ему подкладывается мягкий валик (например, из одежды), а голова откидывается назад.

Оказывающий помощь делает глубокий вдох, затем плотно (через носовой платок или марлю) прижимает свой рот ко рту пострадавшего и с силой вдувает воздух. В этот момент нос пострадавшего должен быть зажат. После вдувания воздуха рот и нос пострадавшего освобождают. Вдувания должны производиться каждые 5—6 сек. Способ искусственного дыхания «рот в рот» является более эффективным, чем ручной, так как при каждом вдувании в легкие пострадавшего поступает в 3—4 раза больше воздуха.

9.2. Обслуживание сварочных трансформаторов

Сварочный ток не должен превышать максимального тока, на который рассчитан данный трансформатор и регулятор. Зажимы на трансформаторе и регуляторе должны быть хорошо затянуты и иметь надежный электрический контакт. Все трущиеся части трансформатора периодически (один раз в 6 месяцев) смазывать смазкой. Появляющиеся на кожухе вмятины выправляют во избежание нарушения нормального охлаждения и предупреждения возможного контакта катушек с кожухом и землей. Запрещается работа трансформатора без кожуха и без заземления. Сварщик не должен касаться металлических токоведущих частей первичной цепи трансформатора.

Трансформаторы следует периодически осматривать с целью своевременного устранения мелких неисправностей, могущих вызвать аварию.

Основные неисправности, возникающие при работе трансформаторов:

1. Витковое замыкание в обмотках, признаком которого является нагревание, обгорание изоляции и частичное расплавление обмотки. Если в обмотке нет разрывов и замыкание произошло в первичной обмотке трансформатора, то последний будет сильно гудеть, расходовать большое количество тока холостого хода и нагреваться. Для исправления дефекта трансформатор нужно отключить от сети, разобрать и устранить витковое замыкание или перемотать обмотку.

2. Нарушение контактов в соединениях, сопровождающееся нагревом и требующее немедленного устранения. Для этого трансформатор или регулятор отключают, разбирают нагревающееся соединение, плотно пригоняют контактные поверхности и затягивают до отказа болты зажимов.

3. Чрезмерный нагрев сердечника или скрепляющих его шпилек и других частей вследствие порчи их изоляции. Поврежденную изоляцию необходимо заменить новой, разобрав трансформатор.

4. Сильное гудение сердечника, которое появляется в результате ослабления винтового привода сердечника. Необходимо подтянуть шпильки крепления.

9.3. Обслуживание сварочных преобразователей

Необходимо систематически очищать все части преобразователя от пыли и грязи. Коллектор время от времени протирают тряпкой, смоченной в бензине; эта операция выполняется при неработающем генераторе. При правильной работе машины на коллекторе не должно быть следов нагара. Мелкое (бисерное) искрение щеток, не оставляющее следов нагара на коллекторе, не опасно. Если на коллекторе появляются следы нагара, нужно выяснить причину этого явления и. устранить ее, а коллектор прошлифовать мелкозернистой прессованной пемзой или мелкой стеклянной бумагой, натянутой на деревянную; колодку, имеющую форму поверхности коллектора. Шлифовку следует производить равномерно по всему коллектору. Шлифовать коллектор наждачной бумагой запрещается.

Если между пластинами начинает выступать слюда, то при работе щеток появляется искрение и шум. В этом случае нужно специальной пилкой осторожно выбрать слюду между пластинками - на глубину около 1 мм; а затем мелким трехгранным напильником снять образовавшиеся заусенцы и прошлифовать коллектор на ходу при поднятых щетках.

Щеточный механизм следует регулярно осматривать. Поврежденную или изношенную щетку надо заменить новой и притереть ее к коллектору. Для этого под щетку подкладывают полоску мелкой стеклянной бумаги (стеклом к щетке), которую пропускают под щеткой в направлении вращения машины до тех пор, пока щетка не станет плотно прилегать к коллектору. Притирку производят при нормальном нажатии пружины щеткодержателя. После притирания щеток (как и после шлифовки коллектора), образовавшуюся пыль удаляют продувкой воздухом, а для окончательной пришлифовки щеток генератор должен поработать вхолостую.

Устанавливая новые щетки, нужно убедиться в том, что они выровнены, одновременно сходят с пластины и находят на новую; следует также проверить, передвигаются ли щетки в обойме свободно, без заедания, и не качаются ли в ней. Нижний край обойм должен находиться на расстоянии 2—3 мм от коллектора.

Неправильное положение траверсы может вызвать также сильное искрение щеток и даже обгорание коллектора.

Смазка в шарикоподшипниках с течением времени густеет и загрязняется. Поэтому ее следует менять один раз в 3—6 месяцев. После удаления загрязненной смазки надо тщательно промыть подшипники бензином из шприца, после чего заполнить свежей смазкой. При разборке подшипников необходимо следить, чтобы в них не попала пыль, песок и пр.

Изоляция машин вследствие попадания влаги может отсыреть, что уменьшает ее сопротивление. Это может случиться, если машина длительное время находилась в бездействии на открытом воздухе или в сыром неотапливаемом помещении. В таких случаях перед пуском машину следует просушить способом, указанным в заводской инструкции по обслуживанию преобразователя данного типа.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Браткова О.Н. Источники питания сварочной дуги. М.: Высшая школа, 1982 – 177с.

2. Сварки и свариваемые материалы: В 3-хт. Т 2. Технология и оборудование. Справочное издание /Под. ред. В.М. Ямпольского. М.: Изд-во МГТУ им Н.Э. Баумана, 1998. 574 с.

3. Абралов М.А., Абралов М.М. Пайвандлаш иши асослари, Тошкент: Талкин, 2004, 272с

4. Патон Б.Е., Лебедев В.Н. Электрооборудование для дуговой и шлаковой сварки. М.: Машиностроение, 1986

5. Рабинович И.Я. Оборудование для дуговой электрической сварки. Источники питания дуги. М.: Машиностроение, 1988