

Раздел 7. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СВАРКИ В ЗАЩИТНЫХ ГАЗАХ.

Для реализации процессов сварки в защитных газах применяется оборудование, включающее:

- источник питания;
- подающий механизм (полуавтомат или автомат, в зависимости от уровня механизации технологического процесса);
- газовую аппаратуру, включающую редукторы, баллоны, шланги, расходомеры и т.п.

Источник питания является одним из основных элементов сварочного поста, поскольку он обеспечивает, не только питание дуги для поддержания ее устойчивости, но в значительной мере обеспечивает определенную программу изменения мгновенной мощности на этапах плавления и переноса электродного металла в сварочную ванну.

В зависимости от характера среды, в которой происходит дуговой разряд, существуют следующие виды сварочной дуги [107]:

а) открытая дуга, горящая на воздухе с примесью паров материалов электрода и свариваемого металла, а также веществ компонентов самозащитной порошковой проволоки;

б) защитная дуга, горящая в защитных газах (аргон, гелий, углекислый газ и различные смеси), защищающих расплавленный металл от непосредственного воздействия воздуха.

По роду тока различают дуги переменного и постоянного тока. В зависимости от материала и физического состояния электрода бывают дуги с плавящимся металлическим и неплавящимся (угольные, вольфрамовые, керамические и др.) электродами.

По характеру воздействия дуги как источника теплоты на свариваемый металл различают дуги прямого и косвенного действия.

При сварке дугой прямого действия, иногда называемой зависимой дугой, последняя горит между электродом и свариваемым изделием, которое включено в электрическую сварочную цепь.

При сварке дугой косвенного действия (независимой дугой) изделие не включено в сварочную цепь, а дуга горит между двумя чаще всего неплавящимися электродами.

В соответствии с указанными выше разновидностями электрической дуги можно выделить следующие основные виды дуговой электрической сварки в защитных газах:

1. Дуговая электрическая сварка открытой дугой порошковой проволокой.
2. Дуговая электрическая сварка плавящимся электродом в среде защитных газов (инертных и активных).

Исходя из конкретных требований и степени автоматизации процесса применяется тот или иной способ сварки и соответствующий ему источник постоянного тока.

В процессе сварки в энергетической системе *источник питания – сварочная дуга – ванна* возникают возмущения, причинами которых являются изменения длины дуги, колебания напряжения сети, изменения скорости подачи электродной проволоки, а также изменения физических условий в разрядном промежутке. При возмущениях изменяются напряжение на дуге и сварочный ток, что приводит к нарушению установившегося процесса сварки. Это отражается на глубине проплавления, геометрических размерах шва и структуре металла сварного соединения.

Имеется два состояния работы энергетической системы *источник питания – сварочная дуга – ванна*:

а) Состояние установившегося равновесия или работа в статическом режиме, когда напряжение и ток в системе в течение достаточно длительного времени не изменяют своей величины. Зависимости между напряжением и током дуги или источника ее питания в установившемся состоянии называют статической характеристикой дуги и внешней характеристикой источника питания.

б) Состояние неустановившегося равновесия или работа в переходном режиме, когда ток и напряжение в системе изменяют свою величину под влиянием внешних воздействий на систему или в результате изменения каких-либо ее параметров. Зависимость между напряжением и током дуги или источника питания в неустановившемся режиме называется динамической характеристикой.

Статическая характеристика дуги $U_d = f(I_d)$ определяется свойствами дуги как нелинейного элемента электрической цепи, сопротивление которого зависит от тока.

Динамическая вольтамперная характеристика дуги строится по данным осциллограмм. Форма динамической вольтамперной характеристики определяется в основном свойствами источника питания. Так, если сварочная дуга при одинаковых статических вольтамперных характеристиках питается от источников с различными свойствами, ее динамические вольтамперные характеристики будут различными.

Общий вид U -образной статической характеристики дуги для широкого диапазона изменения сварочного тока изображен на рисунке 6.1. Статическая характеристика дуги может быть возрастающей в случае высокой плотности тока в электроде, например, при сварке в среде защитных газов плавящимся электродом малого диаметра ($d_3 \leq 2$ мм).

Устойчивость энергетической системы источник питания – сварочная дуга – ванна. Работа энергетической системы *источник питания – сварочная дуга – ванна* протекает устойчиво, если источник доставляет достаточное количество энергии для процесса сварки и покрытия потерь в системе. Возникающие при горении дуги возмущения нарушают устойчивое состояние системы и вызывают переходные процессы, характер и скорость протекания которых связаны с энергией, накопленной в магнитных и электрических полях системы, а также энергией, переходящей в тепло. Если после прекращения действия возмущения система возвращается в равновесное состояние, то равновесие является устойчивым, если не возвращается – неустойчивым. При возвращении системы после окончания действия возмущения в состояние равновесия могут наблюдаться отклонения от величин, характеризующих режим сварки (тока, напряжения). Если при наличии этих отклонений качество сварного соединения остается в допустимых пределах, то свойства энергетической системы признают удовлетворительными.

Современная сварочная техника использует для питания дуги кроме хорошо известных источников питания (выпрямителей, коллекторных генераторов постоянного тока) источники нового типа, имеющие корректирующие обратные связи по энергетическим параметрам (ток, напряжение), предназначенные для создания условий устойчивого горения дуги и поддержания установленного режима.

Устойчивость горения сварочной дуги при малых отклонениях напряжения на дуге. Влияние формы внешней статической характеристики источника и формы статической вольтамперной характеристики дуги на устойчивость горения дуги впервые было показано в исследованиях Кауфмана (1900 г.), который установил, что дуга постоянного тока данной длины с падающей вольтамперной характеристикой при малых токах, переходящей в пологопадающую горит устойчиво при питании от генератора с постоянным выходным напряжением лишь в том случае, когда последовательно с дугой включено определенной величины добавочное сопротивление R . Условие устойчивого горения дуги было записано в форме следующего неравенства:

$$dU_d/dI + R > 0 \quad (6.1)$$

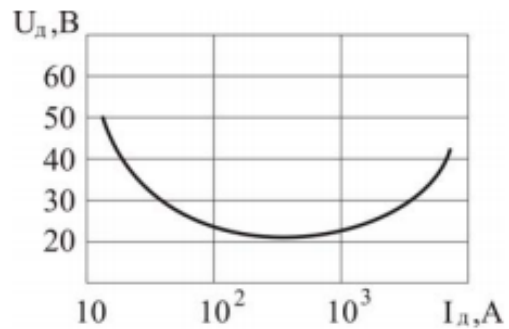


Рис. 6.1. Статическая вольтамперная характеристика дуги

Установившийся режим системы, состоящей из источника питания и потребителя энергии – сварочной дуги, определяется равенством напряжений и токов в них. Следовательно, в установившемся состоянии

$$U_{др} = U_{ир} = U, \quad I_{др} = I_{ир} = I_p \quad (6.2)$$

где $U_{др}$, $U_{ир}$ – соответственно напряжение дуги и источника питания при установившемся рабочем режиме; $I_{др}$, $I_{ир}$ – соответственно токи дуги и источника питания в установившемся рабочем режиме.

На рис. 6.2 изображены внешняя характеристика источника питания $U_u = f_1(I)$ (кривая 1) и статическая характеристика дуги $U_d = f_2(I)$ (кривая 2).

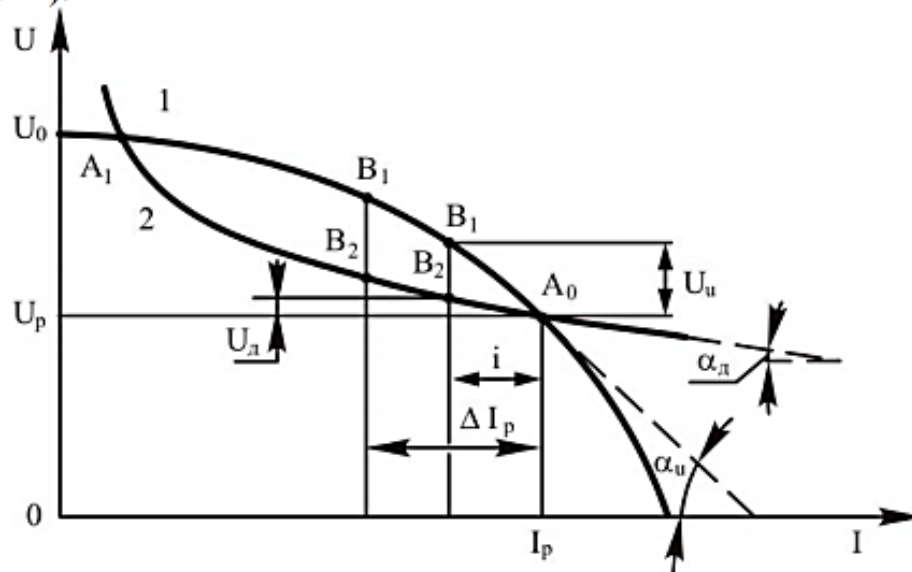


Рис. 6.2. Внешняя характеристика источника питания (кривая 1) и статическая характеристика дуги (кривая 2)

Как видно из рис. 6.2, установившееся состояние системы определяется точками пересечения этих характеристик A_0 и A_1 , удовлетворяющих уравнениям (6.2).

Уравнение динамического равновесия такой системы имеет вид

$$U_u(I) = U_d(I) + L_c \frac{dI}{dt} \quad (6.3)$$

Основным условием статической устойчивости системы является соотношение

$$K_y = \left(\frac{dU_\delta}{dI} - \frac{dU_u}{dI} \right) > 0 \quad (6.4)$$

Таким образом, основное уравнение устойчивости может быть сформулировано в следующем виде: коэффициент устойчивости системы при дуговой сварке K_y , равный разности производных напряжений статических характеристик дуги и источника питания в рабочей точке, должен быть положительным.

Значение производной dU_δ/dI , отображающей связь между мгновенными значениями напряжения и тока в процессе их изменения в нелинейных элементах, называется динамическим сопротивлением элемента, а соотношение U/I , отображающее связь между этими же величинами в установившемся состоянии, принято называть эквивалентным сопротивлением элемента. Динамические и эквивалентные сопротивления нелинейных элементов являются функциями тока и напряжения.

Исходя из этих понятий, значение производной dU_δ/dI может быть названо динамическим сопротивлением дуги и соответственно значение производной dU_u/dI – динамическим сопротивлением источника питания. В соответствии с этим коэффициент устойчивости, K_y , является динамическим сопротивлением всей системы, состоящей из источника питания и сварочной дуги.

Следовательно, с учетом указанных понятий условие устойчивости может быть сформулировано в несколько ином виде: система будет статически устойчивой, если динамическое сопротивление ее K_y , называемое коэффициентом устойчивости, будет положительным.

Как видно из уравнения (6.4), выполнение условия $K_y > 0$ зависит от соответствия формы внешней характеристики источника питания заданной форме статической характеристики дуги.

Внешняя характеристика источника питания, как и характеристика дуги, может быть падающей, абсолютно жесткой или возрастающей. В первом случае напряжение на нагрузке (дуге) снижается с увеличением тока, во втором оно практически не зависит от величины тока нагрузки. Наконец, при возрастающей характеристике напряжение на нагрузке возрастает с увеличением тока.

Форма характеристик (падающая, абсолютно жесткая или возрастающая) определяется знаком производной, а крутизна возрастания или падения характеристики – углом α_d (рис. 6.2).

При падающей статической характеристике дуги, когда динамическое сопротивление дуги отрицательно, т.е. $dU_\delta/dI > 0$, для соблюдения условия $K_y > 0$ внешняя характеристика источника питания в рабочей точке должна быть более круто падающей, чем статическая характеристика дуги, т.е.

$$\left| \frac{dU_u}{dI} \right| > \left| \frac{dU_\delta}{dI} \right|, \quad (6.5)$$

Для соблюдения условия устойчивости $K_y > 0$ производная dU_w/dI должна быть отрицательной, т. е. внешняя характеристика источника питания и в этом случае должна быть падающей, но крутизна ее может быть значительно меньшей, чем в случае $dU_w/dI < 0$.

Для возрастающей характеристики дуги динамическое сопротивление дуги положительно $dU_w/dI > 0$. В этом случае коэффициент устойчивости K_y может быть положительным при абсолютно жесткой внешней характеристике источника питания, когда $dU_w/dI = 0$.

Технологические свойства источников питания. Для получения качественного сварного соединения, источники питания дуги должны обладать требуемыми свойствами. Источник питания должен быть рассчитан на конкретные режимы работы, т.е. на определенную нагрузку и определенные условия эксплуатации (температуру, влажность, давление, пространственное положение сварочного шва), при которых все его свойства проявляются оптимально.

Таким образом, источник питания должен удовлетворять двум группам требований: технологическим и технико-экономическим.

Технологические требования определяются техническими возможностями достижения технологических свойств, которые определяются, в свою очередь, статическими и динамическими свойствами источника питания и свойствами нелинейных участков цепи – разрядного промежутка и ванны.

Статические свойства источника отражены в его внешней статической характеристике, а способность энергетической системы *источник–дуга–ванна* поддерживать устойчивой горение дуги и заданный режим, зависит от видов и взаимного расположения этих характеристик.

О динамических свойствах источника можно судить по характеру и скорости протекания переходных процессов в системе источник–дуга–ванна, сопровождающихся резкими изменениями сварочного тока при ступенчатых изменениях проводимости разрядного промежутка, которые вызываются резкими переходами из одного установившегося режима в другой. Кроме того, при сварке могут наблюдаться относительно небольшие колебания напряжения на дуге и тока дуги, вызываемые процессами в разрядном промежутке.

Технико-экономические показатели. К этим показателям относятся коэффициент полезного действия (к.п.д.), коэффициент мощности ($\cos\varphi$), габаритные размеры, масса, показатели надежности, экономические и технологические показатели конструкции источников, соответствие правилам безопасности и т.п.

Различают три режима работы источников питания для дуговой сварки:

1. Продолжительный.
2. Перемежающийся.
3. Повторно-кратковременный.

Продолжительным режимом называется такой режим, при котором источник питания успевает за время работы нагреться до температуры T_y (рис. 6.3).

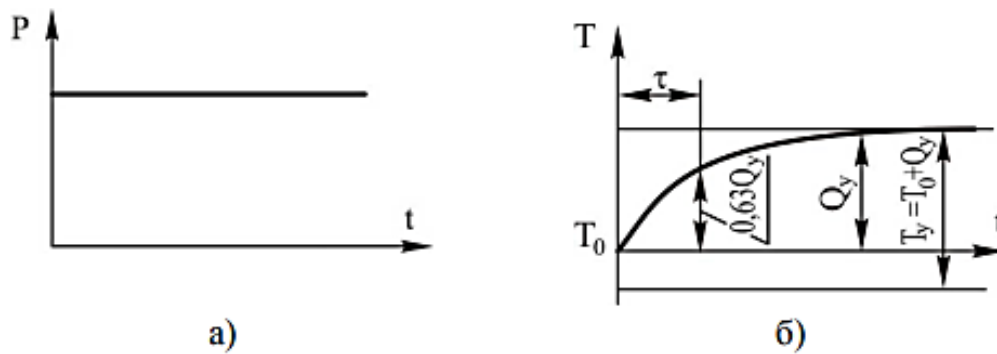


Рис. 6.3. Характеристики продолжительного режима работы источника питания: а) изменение нагрузки во времени; б) нарастание температуры

Перемежающийся режим характерен тем, что время t_p работы сварки чередуется со временем пауз в работе t_n (рис. 6.4). При этом режиме за время работы t_p температура источника не успевает достигнуть значения установившейся температуры T_y , а за время перерывов в работе t_n источник не успевает охладиться до температуры окружающей среды T_0 . Процесс охлаждения, так же как и процесс нагрева описывается экспоненциальной кривой. По истечении некоторого промежутка времени температура источника колеблется между некоторым максимальным значением T_2 и минимальным T_1 . Среднее значение этих температур обычно выбирается как расчетное $T_{доп}$.

Перемежающийся режим характеризуется относительной продолжительностью нагрузки за время цикла $t_u = t_p + t_n$:

$$ПН\% = \frac{t_p}{t_p + t_n} \times 100. \quad (6.6)$$

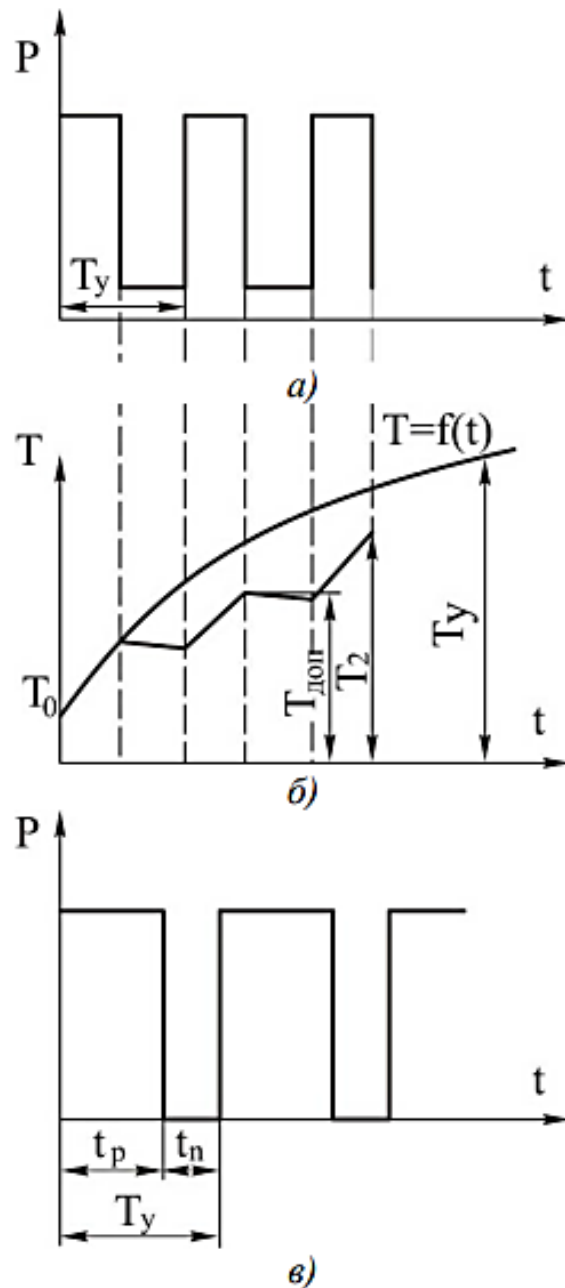


Рис. 6.4. Характеристики перемежающегося и повторно-кратковременного режима работы источника питания

Длительность цикла работы источников, предназначенных для ручной дуговой сварки, имеющих перемежающийся и повторно-кратковременный режимы, принята равной 5 минутам, а источников для механизированной сварки и универсальных – 10 минут.

Начиная с 1974 г. для электросварочного оборудования, выпускаемого промышленностью, принята система обозначений типов, описываемая структурой, приведенной на рисунке 6.5.

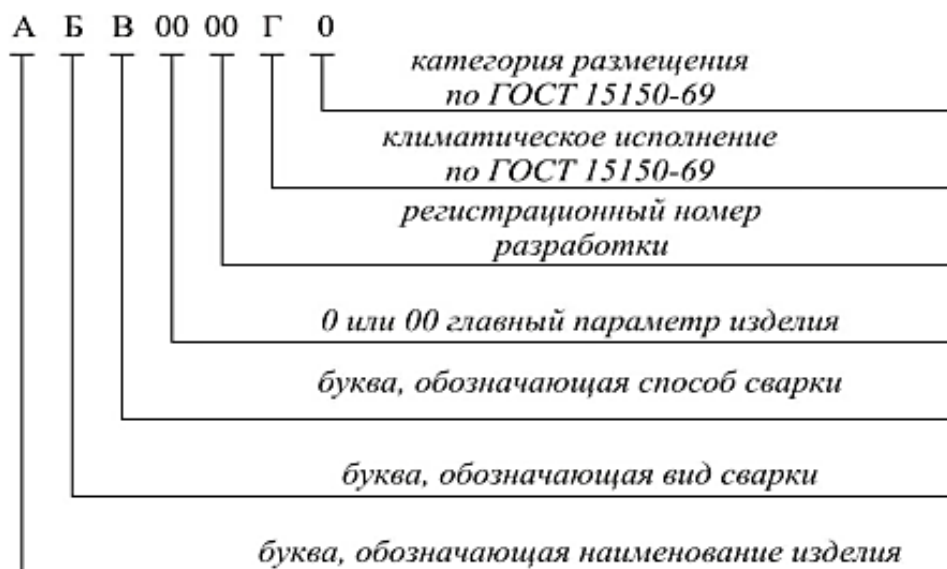


Рис. 6.5. Структура условных обозначений сварочных источников питания

Классификация источников питания. Источники питания можно классифицировать по различным признакам в зависимости от поставленных задач:

- по роду тока – на источники постоянного и переменного тока;
- по виду внешних характеристик – на имеющие падающие, пологопадающие, жесткие и пологовозрастающие характеристики;
- по способу получения энергии – на зависимые и независимые (или зависимые и автономные), т.е. получающие энергию от стационарной электрической сети или от двигателя внутреннего сгорания;
- по количеству обслуживаемых постов – на однопостовые и многопостовые;
- по применению – на общепромышленные и специализированные.