

ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ

Каждый студент, приступая к выполнению лабораторных работ по курсу, обязан изучить инструкции техники безопасности, пройти инструктаж и расписаться в соответствующем журнале.

Непосредственно перед выполнением работы необходимо усвоить следующие основные правила безопасности:

1. Включение электрической схемы для исследования производится только с разрешения преподавателя или учебного мастера.

2. Все переключения производить только после отключения схемы от электрической сети.

3. Запрещается прикасаться к электрооборудованию и проводам, находящимся под напряжением.

4. Измерения при изучении источников питания следует начинать с режима холостого хода источника.

5. Запрещается включать источники питания на короткое замыкание продолжительностью более 6–8 с.

6. В перерывах в работе выключать электрооборудование.

7. При механических испытаниях установку и съем образцов необходимо выполнять при полностью отключенном механизме нагружения. Испытания проводятся только при наличии защитных ограждений.

8. При металлографических исследованиях, коррозионных испытаниях для защиты от ожогов и отравлений химическими реактивами все работы проводить только в резиновых перчатках в вытяжном шкафу с включенной вентиляцией.

9. При изучении капиллярных методов контроля предохранять открытые части тела от попадания дефектоскопических жидкостей. Наносить их следует при включенной приточно-вытяжной вентиляции.

10. Многие жидкости, применяемые при контроле сварных соединений, легко воспламеняются, поэтому в лаборатории, где проводятся испытания, не должно быть открытых источников огня.

11. Большинство установок, применяемых для контроля, содержат источники энергии, либо полностью или частично находятся под напряжением во время работы, поэтому работу на установках можно проводить только при наличии заземления. Включение установок следует производить с разрешения преподавателя или учебного мастера.

После окончания работы разобрать схему и убрать рабочее место.

ЧАСТЬ 1

ЭЛЕКТРОДУГОВАЯ СВАРКА

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ИССЛЕДОВАНИЕ ДУГОВОГО РАЗРЯДА МЕЖДУ УГОЛЬНЫМИ ЭЛЕКТРОДАМИ

1. Цель работы

- 1.1. Определить вольт-амперную характеристику дуги.
- 1.2. Определить коэффициент в уравнении:

$$U_D = \varphi \cdot (I_D).$$

2. Общие сведения

Электрическая дуга используется в сварочной технике как источник нагрева с высокой концентрацией выделяемого тепла. *Дуга* — форма электрического разряда в газах или в парах материала электродов. Сварочная дуга характеризуется большой плотностью тока в газовом промежутке (столбе дуги) — сотни А/см² и на электродах (тысячи А/см²), а также высокой температурой газа в проводящем канале (тысячи градусов).

В дуге, как и во всяком самостоятельном газовом разряде, резко наблюдается неравномерное распределение потенциала электрического поля в межэлектродном пространстве (рис. 1.1).

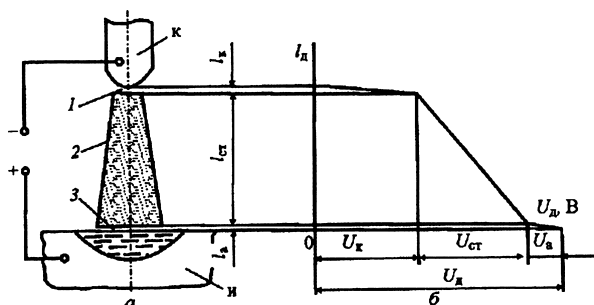


Рис. 1.1

Строение дуги постоянного тока (а) и распределение потенциалов по длине дугового промежутка (б):

1 — катодная область; 2 — столб дуги; 3 — анодная область.

Вблизи электродов имеются скачки потенциала, которые обусловлены скоплениями пространственного заряда у поверхностей электродов, в связи с особыми условиями протекания тока на границе металл — газ. Поэтому, рассматривая электрическую дугу, различают следующие три области:

- анодную;
- катодную;
- столб дуги, находящийся в состоянии плазмы.

Напряжение на дуге складывается из падения напряжения на ее отдельных участках (рис. 1.1):

$$U_{\text{Д}} = U_{\text{к}} + U_{\text{ст}} + U_{\text{а}}, \quad (1.1)$$

где $U_{\text{к}}$, $U_{\text{а}}$ и $U_{\text{ст}}$ — падение напряжения на катодном, анодном участках и в столбе дуги соответственно.

Протяженность катодной области $l_{\text{к}}$ приближается к длине свободного пробега электрона и составляет около 10^{-5} см. Падение напряжения в катодной области в первом приближении равно потенциалу ионизации газового промежутка $U_{\text{к}} \approx U_0$. Длина анодной зоны $l_{\text{а}}$ значительно больше катодной ($\sim 10^{-3}$ см), поскольку падение напряжения в анодной зоне не зависит от материала электродов и составляет $U_{\text{а}} = 2,5 \pm 0,5$ В. Учитывая это, можно принять, что сумма $U_{\text{к}} + U_{\text{а}} = a$, где a — величина постоянная. Тогда, выражая $U_{\text{ст}}$ через градиент напряжения $U_{\text{ст}} = \partial U / \partial z$ и принимая $\partial U / \partial z = b$, получим выражение для напряжения на дуге в виде

$$U_{\text{Д}} = a + b \cdot l_{\text{ст}}. \quad (1.2)$$

Выражение (1.2) известно как формула Г. Айртона, которое показывает зависимость напряжения от длины столба дуги. Так как длины катодной и анодной зон незначительны по сравнению с длиной столба дуги, то можно принять, что длина столба дуги $l_{\text{ст}}$ равна общей длине газового промежутка между электродами, т. е. $l_{\text{ст}} = l_{\text{Д}}$.

При газовом разряде электрическое сопротивление дуги не постоянно, так как количество заряженных частиц в нем зависит от степени ионизации и сечения столба дуги, которые определяются величиной тока, протекающего через газ. Поэтому электрический ток в газах не подчиняется закону Ома и вольт-амперная характеристика разряда для газов обычно нелинейна (рис. 1.2).

В зависимости от плотности тока вольт-амперная характеристика дуги может быть падающей (область I), жесткой (область II) и возрастающей (область III).

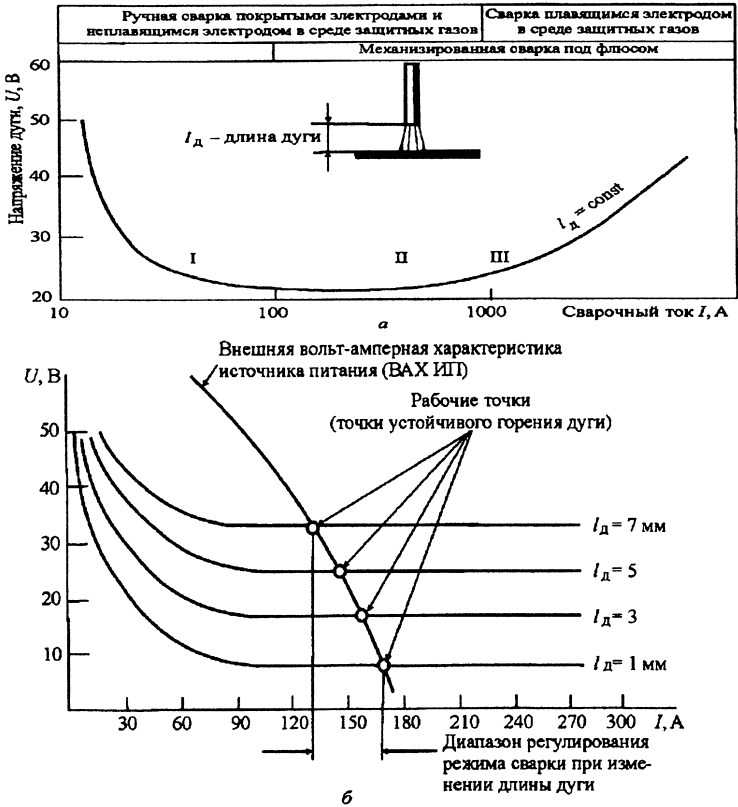


Рис. 1.2

Статическая вольт-амперная характеристика дуги (а) и зависимость напряжения дуги от ее длины (б)

3. Порядок проведения работы

3.1. Снятие характеристик дуги

Используя штатив для крепления и перемещения угольных электродов в вертикальном направлении:

Установить длину дуги $l_d = 3 \text{ мм}$. Возбудить дугу прямой полярности на минимально возможном токе. Затем постепенно увеличивать ток, измеряя через каждые 20 А напряжение на дуге (не менее 5 точек). Повторить эксперимент при длине дуги 5 и 10 мм.

Повторить эксперименты на обратной полярности. Результаты экспериментов заносят в таблицу 1.1.

Таблица 1.1

Параметры дуги при изменении значений тока

Номер замера	Род тока и полярность	Длина дуги, мм	Ток, А	Напряжение, В	Примечание
--------------	-----------------------	----------------	--------	---------------	------------

На основании результатов экспериментов построить вольт-амперную характеристику дуги для различных значений длины и полярности $U_D = f(I)$.

3.2. Определение коэффициентов уравнения электрической дуги

Возбудить дугу прямой полярности (первоначальная длина 3 мм). Увеличивая длину дуги и поддерживая постоянным значение тока, замерить напряжение на дуге при длине 3, 5, 10, 15 мм до ее угасания. Длина дуги измеряется на приспособлении для перемещения электрода. Эксперимент повторить не менее трех раз.

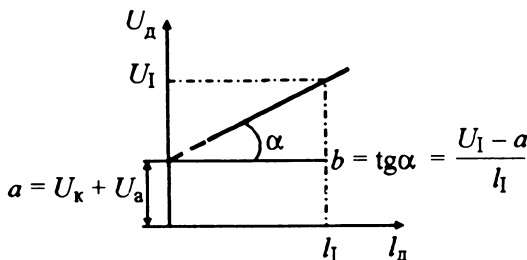
Повторить эксперимент для дуги обратной полярности. Результаты экспериментов записываются в таблице 1.2.

Таблица 1.2

Параметры дуги при изменении значений ее длины

Номер замера	Длина дуги, мм	Род тока, полярность и величина тока, А	Напряжение на дуге, В	Примечание (отмечают замеченные особенности)
--------------	----------------	---	-----------------------	--

На основе результатов опытов построить график и определить графически (рис. 1.3) значения коэффициентов a и b уравнения (1.2). Записать уравнения дуги с полученными коэффициентами.

**Рис. 1.3**

Графическое определение коэффициентов a и b

По полученному уравнению дуги оценить:

- падение напряжения в катодной (U_K) и анодной (U_A) областях, в столбе дуги ($U_{ст}$);
- градиент напряжения в столбе дуги ($\partial U_{ст}/\partial l_D$).

4. Содержание отчета

Отчет должен содержать:

- краткие теоретические сведения;
- анализ уравнения дуги и физический смысл коэффициентов a и b выражения (1.2);
- описание методики проведения лабораторной работы, схема установки;
- результаты опытов;
- выводы по результатам экспериментов.

5. Контрольные вопросы

1. Какие процессы протекают в различных зонах дугового разряда?
2. Какова особенность дугового разряда как проводника электрического тока по сравнению с проводимостью в металлическом проводнике?
3. Какие факторы влияют на устойчивость горения дуги?
4. Объясните характер полученной вольт-амперной характеристики дуги.
5. Как изменяется напряжение на дуге при изменении ее длины?

Библиографический список

1. Материаловедение и технология конструкционных материалов : учебник / В. Б. Арзамасов, А. Н. Волчков, В. А. Головин [и др.] ; под ред. В. Б. Арзамасова, А. А. Черепяхина. — 2-е изд., стер. — М., 2009.
2. Технология конструкционных материалов : учебник / под ред. А. М. Дальского. — 5-е изд., испр. — М., 2004.
3. Технология и оборудование сварки плавлением / под ред. А. И. Акулова. — М. : Машиностроение, 2003. — 501 с.
4. Фролов, В. А. Сварка. Введение в специальность / В. А. Фролов, В. В. Пешков, А. Б. Коломенский, В. А. Казаков. — М. : Интермет Инжиниринг, 2006. — 296 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ИССЛЕДОВАНИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ КОМПОНЕНТОВ ЭЛЕКТРОДНЫХ ПОКРЫТИЙ

1. Цель работы

Провести сравнительную оценку влияния различных компонентов покрытия и флюсов, рода и величины тока на стабильность горения дуги.

2. Общие сведения

При технологическом процессе сварки необходимо, чтобы электрическая дуга, являющаяся инструментом сварки, обладала достаточной степенью устойчивости.

Стабильность горения дуги зависит от проводимости дугового промежутка и определяется процессами эмиссии и ионизации. Факторы, обеспечивающие эмиссию электронов с катода и образование заряженных частиц в столбе, будут повышать устойчивость ее горения.

Одним из методов повышения устойчивости горения дуги при сохранении ее электрических характеристик (ток и напряжение) является введение в атмосферу столба дуги элементов с малым потенциалом ионизации.

В обычном состоянии газové молекулы электрически нейтральны. Газ становится проводником электрического тока при условии, что в нем находятся электрически заряженные частицы (электроны и ионизированные молекулы — ионы). Ионами являются молекулы, потерявшие или присоединившие к себе электрон. Соответственно, первые будут иметь избыток положительного заряда, а вторые приобретут отрицательный заряд.

Электроны поступают в дугу вследствие эмиссии (испускания) их из катода, а также в результате ионизации молекул газа (паров металла) в дуговом промежутке. Положительно заряженные частицы могут появляться в дуговом промежутке только в результате ионизация газа.

Изменение энергии электрона при его прохождении в электрическом поле между двумя точками определяется произведением заряда электрона на разность потенциалов в этих точках:

$$W = e \cdot U_{ab},$$

где W — энергия, полученная электроном при прохождении его в электрическом поле между точками a и b ;

e — заряд электрона; U_{ab} — разность потенциалов электрического поля в точках a и b .

Ионизация газовых молекул обычно достигается «выбиванием» из них электронов. Для этого должна быть затрачена определенная энергия — энергия ионизации, необходимая для отрыва электрона от нейтральной молекулы или атома:

$$W_i = e \cdot U_i,$$

где U_i — потенциал ионизации.

Таким образом, энергия ионизации пропорциональна напряжению, которое необходимо для сообщения скорости электрону, достаточной для его отрыва от атома.

Чем ниже потенциал ионизации атома или молекулы, тем легче можно образовать из одной нейтральной частицы две заряженные: электрон и положительный ион. Процесс ионизации можно выразить уравнением

$$A^0 = A^+ + e,$$

где A^0 — нейтральный атом; A^+ — положительный ион; e — электрон. Следовательно, чем ниже потенциал ионизации частиц, тем легче создать атмосферу, необходимую для поддержания дугового разряда. Для повышения стабильности горения дуги на электроды наносят специальные покрытия или применяют флюсы. В состав покрытий и флюсов вводят вещества, облегчающие эмиссию электронов и ионизацию в столбе дуги, т. е. вещества с низким потенциалом ионизации (обычно соль натрия, калия). Потенциалы ионизации некоторых элементов даны в таблице 2.1. Дуговой разряд существует обычно не в однородном газе, а в смеси газов и паров, находящихся при высокой температуре. Практика показывает, что в смеси газов в большей степени ионизируется газ с наименьшим потенциалом ионизации.

Таблица 2.1

Потенциалы ионизации некоторых элементов

Элемент	U_i , В	Элемент	U_i , В
Цезий	3,68	Железо	7,83
Калий	4,32	Кремний	7,94
Натрий	5,12	Бор	8,34
Барий	5,19	Цинк	9,35
Литий	5,37	Фосфор	10,30
Стронций	5,67	Сера	10,31

Продолжение табл. 2.1

Элемент	U_i , В	Элемент	U_i , В
Алюминий	5,96	Углерод	11,22
Кальций	6,03	Хлор	12,96
Хром	6,74	Водород	13,53
Титан	6,85	Кислород	13,56
Марганец	7,40	Азот	14,50
Магний	7,61	Аргон	15,70
Медь	7,69	Фтор	18,60

В. В. Фролов для смеси газов ввел понятие об *эффективном потенциале ионизации*. Под эффективным потенциалом ионизации смеси U_0 со степенью ионизации x_0 следует понимать потенциал ионизации некоторого однородного газа, в котором число заряженных частиц равно их количеству в газовой смеси.

Ионизирующее действие добавок, вводимых в покрытие или флюсы, определяется не только величиной потенциала ионизации, но и упругостью пара данного соединения или простого вещества, так как упругость пара (через скорость испарения) определяет концентрацию легкоионизирующихся атомов в атмосфере дугового разряда. Поэтому при вычислении эффективного потенциала ионизации любой газовой смеси необходимо знать не только потенциалы ионизации, но и концентрации компонентов газовой смеси, так как они входят в уравнение для вычисления эффективного потенциала ионизации.

Помимо указанных факторов на устойчивость горения дуги существенно влияет род тока, его величина, характеристики источника питания и электрической цепи, а также длина дуги. Периодическое изменение полярности при питании дуги переменным током, короткие замыкания дугового промежутка способствуют деионизации и снижению устойчивости горения дуги.

3. Порядок проведения работы

Стабильность горения дуги оценивают по методике, предложенной академиком К. К. Хреновым.

Напряжение на дуге, как уже известно из лабораторной работы № 1 по изучению угольной дуги, пропорционально ее длине:

$$U_{\text{д}} = a + bl,$$

где $U_{\text{д}}$ — напряжение на дуге, В; a и b — коэффициенты, зависящие от материала электродов и атмосферы в дуге; l — длина дуги, мм.

Если в процессе горения дуги электрод неподвижен относительно изделия, то при его оплавлении увеличивается длина дуги l . При этом возрастает и напряжение на дуге.

Наконец, наступает момент, когда напряжение, необходимое для устойчивого существования дугового разряда, становится больше, чем напряжение на клеммах источника тока, и дуга гаснет. Этот момент характеризуется максимальным напряжением на дуге или, что то же, максимальной длиной дуги при ее обрыве.

Таким образом, разрывная длина дуги l_p может служить критерием стабильности дугового разряда. Очевидно, чем больше разрывная длина дуги, тем стабильнее ее существование.

4. Порядок выполнения работы

4.1. Зачистить наждачной шкуркой и стальной щеткой до металлического блеска электродные стержни и стальные пластины (на каждую бригаду подготовить по 1 пластине и 4 стержня) и по 2 обмазочных электрода.

4.2. Закрепить зачищенный стальной электрод на штативе (2), установив торец электрода на расстоянии 2 мм от стальной пластины (3) — см. рисунок 2.1.

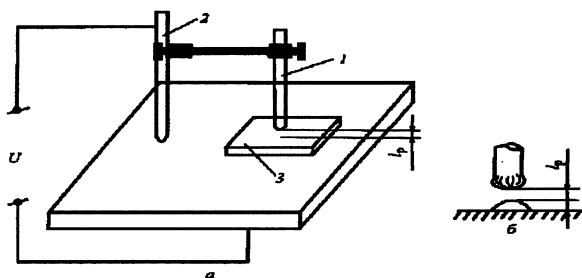


Рис. 2.1

Схема измерения длины дуги: общий вид (а) и замер разрывной длины дуги l_p (б)

4.3. Подключить электрод и пластину к клеммам сварочного трансформатора, предварительно установив ток короткого замыкания 150 А.

4.4. Включить напряжение и заточенным угольным стержнем возбудить дугу, замыкая на короткое время конец стального электрода и пластину. При оплавлении электрода увеличивается длина дуги: возрастает напряжение на дуге и уменьшается ток. По достижении максимальной длины дуга гаснет. В момент обрыва дуги отметить значение напряжения на дуге и тока. Данные записать в таблицу 2.2. Пример записи результатов экспериментов в различных графах дан в таблице 2.2.

Таблица 2.2

**Ток и напряжение дуги
в момент достижения ее максимальной длины**

№ эксперимента	Условия эксперимента				Результаты эксперимента			
	Тип электрода	Ширина электрода, мм	Род тока, полярность	Ток короткого замыкания, А	Значения параметров тока в момент обрыва дуги		Максимальная длина дуги, мм	
					I, А	U, В	отдельные замеры	средние значения
1	Гольй	4	Постоянная прямая	200	150	30	10	9
2	Покрытый электрод				155	25	8	
3	+ мел				152	27	9	
4	и т. д.							

Примечание. Перед измерением разрывной длины дуги наплавку необходимо очистить от шлака.

4.5. Выключить напряжение, замерить разрывную длину дуги (рис. 2.16).

4.6. Установить ток короткого замыкания 300 А и повторить эксперимент три раза. Провести аналогичные исследования на постоянном токе прямой и обратной полярности.

4.7. Провести замеры разрывной длины дуги, засыпая дуговой промежуток порошком мела, поташа, плавикового шпата, флюсом и т. д. Прodelать аналогичные опыты с электродами МРЗ, АН04 или другими марками (по указанию преподавателя).

Таблица 2.3

Содержание элементов в газовых смесях

Смесь	Элемент смеси	Содержание элемента в смеси (ат. %) для варианта									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fe+A	A	0	1	2	5	10	20	60	95	98	100
	Fe	100	99	98	95	90	80	40	5	2	0

5. Содержание отчета

Отчет должен содержать:

- краткие теоретические сведения;
- описание методики проведения эксперимента;
- эскиз схемы установки;
- результаты экспериментов;
- результаты расчетов;
- общие выводы.

6. Контрольные вопросы

1. Почему ионизирующая способность солей, содержащих одинаковые катионы и разные анионы, различна?

2. Какие свойства металла определяют его ионизирующую способность?

3. Как влияет состав обмазки на стабильность горения дуги?

4. Как влияет род тока (постоянный, переменный) и полярность на стабильность горения дуги?

5. Как влияют исследованные компоненты на стабильность горения дуги?

Библиографический список

1. Материаловедение и технология конструкционных материалов : учебник / В. Б. Арзамасов, А. Н. Волчков, В. А. Головин [и др.] ; под ред. В. Б. Арзамасова, А. А. Черепашкина. — 2-е изд., стер. — М., 2009.
2. Технология конструкционных материалов : учебник / под ред. А. М. Дальского. — 5-е изд., испр. — М., 2004.
3. Технология и оборудование сварки плавлением / под ред. А. И. Акулова. — М. : Машиностроение, 2003. — 501 с.
4. Фролов, В. А. Сварка. Введение в специальность / В. А. Фролов, В. В. Пешков, А. Б. Коломенский, В. А. Казаков. — М. : Интермет Инжиниринг, 2006. — 296 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ СВАРОЧНОЙ ДУГИ

1. Цель работы

1.1. Ознакомиться с конструкцией и принципом действия конкретных источников питания — трансформаторов, выпрямителей, преобразователей, универсальных источников питания.

1.2. Снять внешние вольт-амперные характеристики источников питания.

2. Общие сведения

Важным условием получения сварочного шва высокого качества является устойчивость процесса сварки. Для этого источник питания должен обеспечивать легкое и надежное возбуждение дуги, устойчивое ее горение в установившемся режиме, регулирование мощности (тока).

Для возбуждения дуги в атмосфере воздуха даже при небольшом расстоянии между электродом и свариваемым изделием, измеряемым несколькими миллиметрами, требуется очень высокое напряжение, близкое к напряжению стабильного горения дуги. Поэтому напряжение холостого хода источника питания должно быть достаточным для возбуждения дуги и в то же время не должно превышать нормы безопасности. Максимально допустимое напряжение холостого хода установлено для источников постоянного тока 90 В, для источников переменного тока — 80 В.

Источник питания должен обеспечивать быстрое установление или изменение напряжения в зависимости от длины дуги. Время восстановления рабочего напряжения от 0 до 30 В после каждого короткого замыкания должно быть не более 0,05 с.

Источник тока должен выдерживать частые короткие замыкания сварочной цепи, при этом ток короткого замыкания не должен превышать сварочный ток более чем на 40–50%.

Для стабильного горения дуги требуется равенство тока и напряжения дуги току и напряжению источника питания:

$$I_{\text{д}} = I_{\text{п}}; U_{\text{д}} = U_{\text{п}}.$$

Для этого необходимо соответствие внешней вольт-амперной характеристики источника и статической вольтамперной характеристики дуги.

Внешней характеристикой источника называется зависимость напряжения на его выходных клеммах от тока в электрической цепи. Внешние характеристики могут быть следующих основных видов: падающая 1, пологопадающая 2, жесткая 3 и возрастающая 4 (рис. 3.1а).

Для питания дуги с жесткой характеристикой применяют источники питания с падающей или пологопадающей внешней характеристикой (ручная дуговая сварка покрытыми электродами, автоматическая под флюсом, сварка в защитных газах неплавящимся электродом). Режим горения дуги определяется точкой пересечения характеристик дуги 6 и источника тока 1 (рис. 3.1б). Точка С соответствует режиму устойчивого горения дуги, точка А — режиму холостого хода в работе источника питания в период, когда дуга не горит и сварочная цепь разомкнута. Режим холостого хода характеризуется повышенным напряжением. Точка D соответствует режиму короткого замыкания при зажигании дуги и ее замыкании каплями жидкого электродного металла. Короткое замыкание характеризуется низким напряжением, стремящимся к нулю, и повышенным, но ограниченным током.

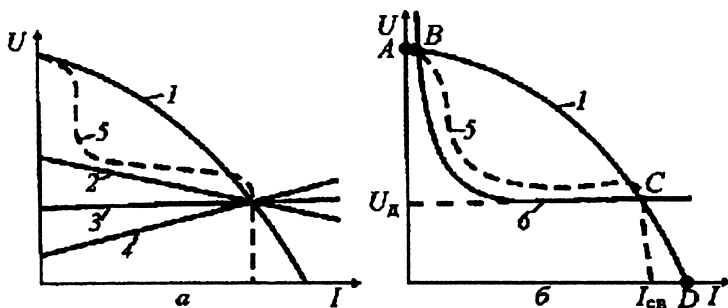


Рис. 3.1

Внешние характеристики источников сварочного тока (а) и соотношение характеристик дуги и падающей характеристики тока при сварке (б)

Источники сварочного тока с падающей характеристикой необходимы для облегчения зажигания дуги в результате повышенного напряжения холостого хода, обеспечения устойчивого горения дуги и практически постоянной ее проплавляющей способности. Это следует из колебания длины дуги и напряжения (особенно значительные при ручной сварке), которые не приводят к значительным

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru