

## Раздел 2. ОСОБЕННОСТИ СВАРКИ СТАЛЕЙ В ЗАЩИТНЫХ ГАЗАХ.

### 2.3 Виды процессов сварки

Для получения при дуговой сварке высококачественных соединений необходима защита зоны дуги и расплавленного металла от вредного воздействия воздуха, а в ряде случаев также легирование и металлургическая обработка металла шва. При сварке в защитных газах для защиты зоны сварки используют газ, подаваемый струей в зону сварки (рис. 1.7). Род защитного газа определяет физические, металлургические и технологические характеристики способа сварки. Источником нагрева служит электрическая дуга. При сварке неплавящимся электродом (угольным, графитовым или вольфрамовым) дуга горит между неплавящимся электродом и свариваемым изделием, расплавляет кромки изделия. При этом образуется некоторый объем расплавленного металла (сварочная ванна), которая затвердевает, образуя сварной шов, и соединяет части изделия (рис. 1.7, а). При сварке плавящимся электродом дуга горит между электродной проволокой, непрерывно подаваемой в зону сварки, и изделием. Дуга расплавляет кромки деталей и электродную проволоку, переходящую в виде капель в общую сварочную ванну. По мере перемещения дуги сварочная ванна затвердевает, образуя шов, соединяющий кромки изделия (рис. 1.7, б).

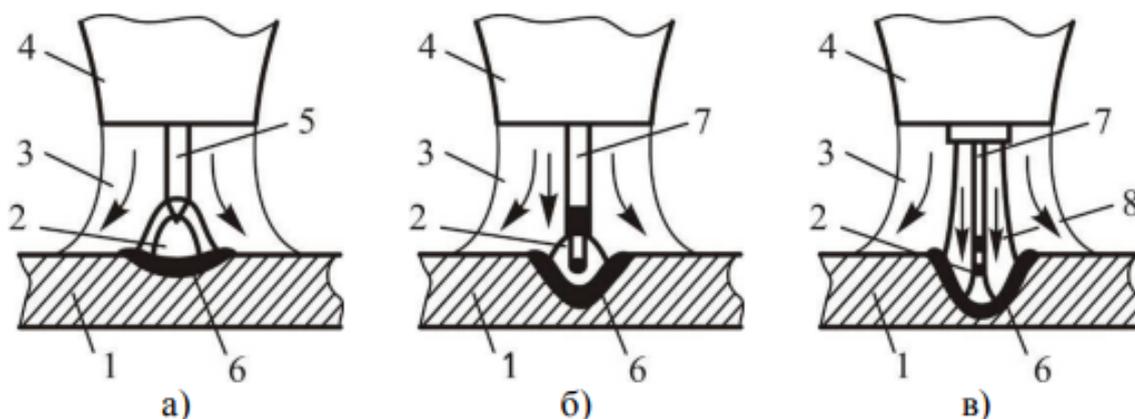
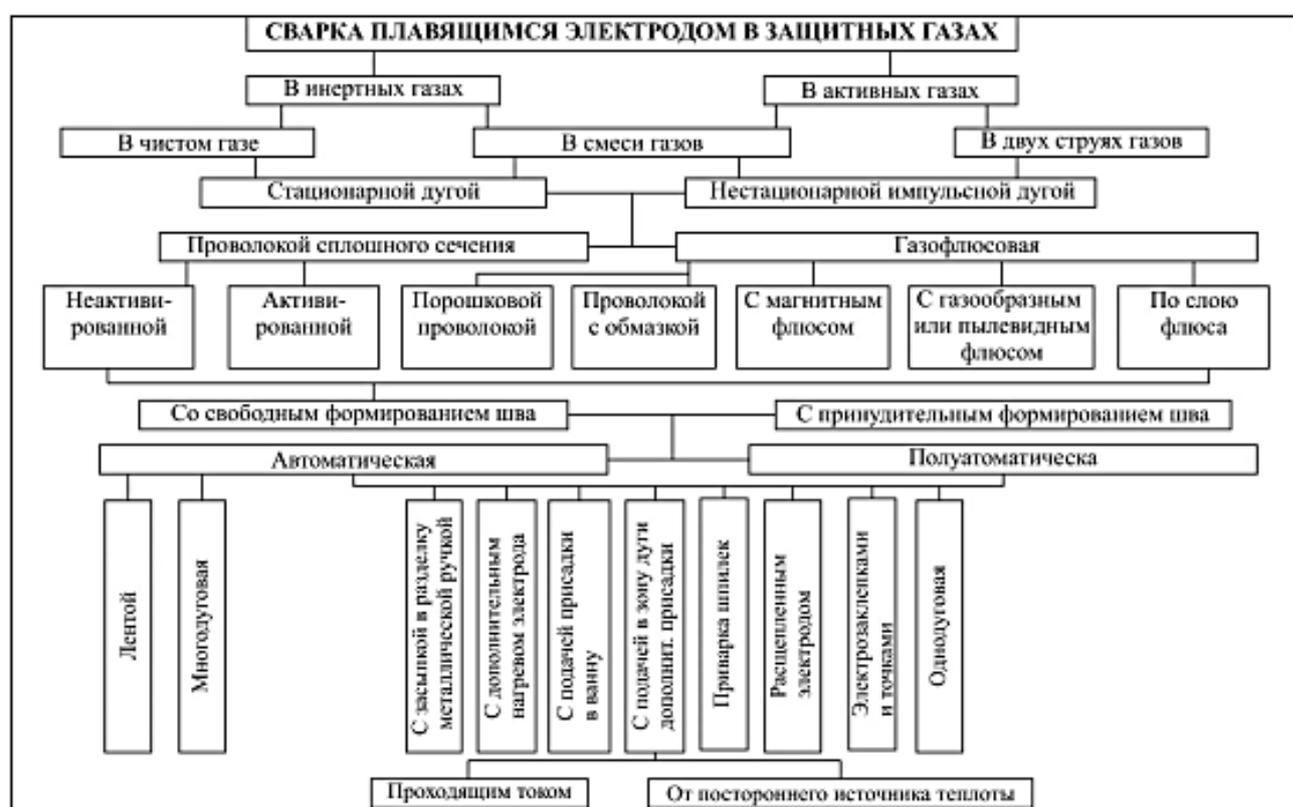


Рис. 1.7. Схемы процессов сварки в защитных газах неплавящимся (а), плавящимся (б) электродом и в двух потоках газа (в): 1 – деталь, 2 – дуга; 3 – защитный газ; 4 – сопло; 5 – неплавящийся электрод, 6 – сварочная ванна; 7 – плавящаяся электродная проволока, 8 – внутренний поток газа

Для экономии защитного газа, а также для получения в отдельных случаях дополнительного положительного эффекта при формировании металла шва из расплава, сварку ведут в двух отдельных потоках газов, подаваемых концентрично вокруг основной дуги (рис.1.7, в). При этом во внутреннем потоке газа горит дуга и находится капля электродного металла, а жидкая металлическая ванна защищается смесью внутреннего и наружного потоков. Существует способ сварки в двух концентрических струях активного защитного газа ( $\text{CO}_2$ , или смеси с  $\text{CO}_2$ ) истекающего из одной общей камеры сварочного сопла [9-11], также применяют способы сварки в среде чередующихся и пульсирующих инертных газов ( $\text{Ar}$  и  $\text{He}$ ) [12-18].

При необходимости металлургической обработки и дополнительном легировании шва в зону дуги подают небольшое количество раскисляющих или легирующих веществ (рис. 1.8). Указанные вещества проще всего ввести при помощи порошковой проволоки. Изредка шлакообразующие вещества вводят в виде пыли или паров вместе с защитным газом, в виде магнитного флюса или флюса, засыпаемого в разделку кромок, в виде обмазки, наносимой на поверхность электродной проволоки, и другими способами. Состав металла шва можно изменить, подавая в зону сварки дополнительную присадочную проволоку, а также выполняя двухдуговую сварку в общую ванну с использованием проволоки различного состава. Разработан ряд управляемых способов сварки, таких как импульсно-дуговая, вибродуговая и другие (рис. 1.8).



В ряде случаев успешно применяют двухдуговую или гибридную сварку. В первом случае осуществляют процесс сварки от двух одновременно горящих дуг между неплавящимся электродом и изделием и плавящимся электродом и изделием. Во втором, обычно используют сочетание высоконцентрированного источника нагрева (плазменная дуга, лазерный луч и другие) и плавящегося электрода. Обычно для сварки используют проволоку сплошного сечения или трубчатую, заполненную внутри легирующими веществами, называемую «порошковой». Иногда, для повышения производительности или изменения формы шва сварку ведут несколькими проволоками, подключенными к одному полюсу источника тока (рис. 1.8). Состав металла шва можно изменять, меняя состав электродной проволоки, изменяя долю электродного металла в шве, подачей в зону сварки дополнительной присадочной проволоки. Основные разновидности сварки в защитных газах плавящимся электродом приведены на рис. 1.8.

Сварка в защитных газах проволоками, имеющими температуру плавления ниже, температуры плавления свариваемого металла применяется для сварки чугуна, наплавки цветных металлов на сталь, пайки тонкой оцинкованной стали.

Процесс сварки можно разделить на три основные стадии: установления стабильного течения (начало сварки); стабильное течение; прекращение процесса сварки (рис. 1.9). Первую стадию характеризует отрезок времени, на протяжении которого устанавливается заданный режим сварки. Стабильное течение процесса – это отрезок времени, на протяжении которого заданный режим сварки сохраняется неизменным и происходит образование шва. Прекращение процесса сварки – отрезок времени, на протяжении которого происходит переход от стабильного течения процесса до обрыва дуги и окончания сварки [19].

**Установление стабильного процесса сварки.** Эта стадия определяет провар в начале шва и разбрызгивание. В большинстве случаев желательно минимальная продолжительность начала сварки и быстрый разогрев свариваемого изделия, без ускоренного охлаждения электрода.

Существуют контактные и бесконтактные способы начала сварки [2, 6, 20]. При сварке плавящимся электродом применяют контактные способы, при которых дуга зажигается при закорачивании электрода с изделием. При сварке неплавящимся электродом применяют в основном бесконтактные способы, когда дуга зажигается в результате пробоя высоковольтным разрядом промежутка между электродом и изделием (рис. 1.10).

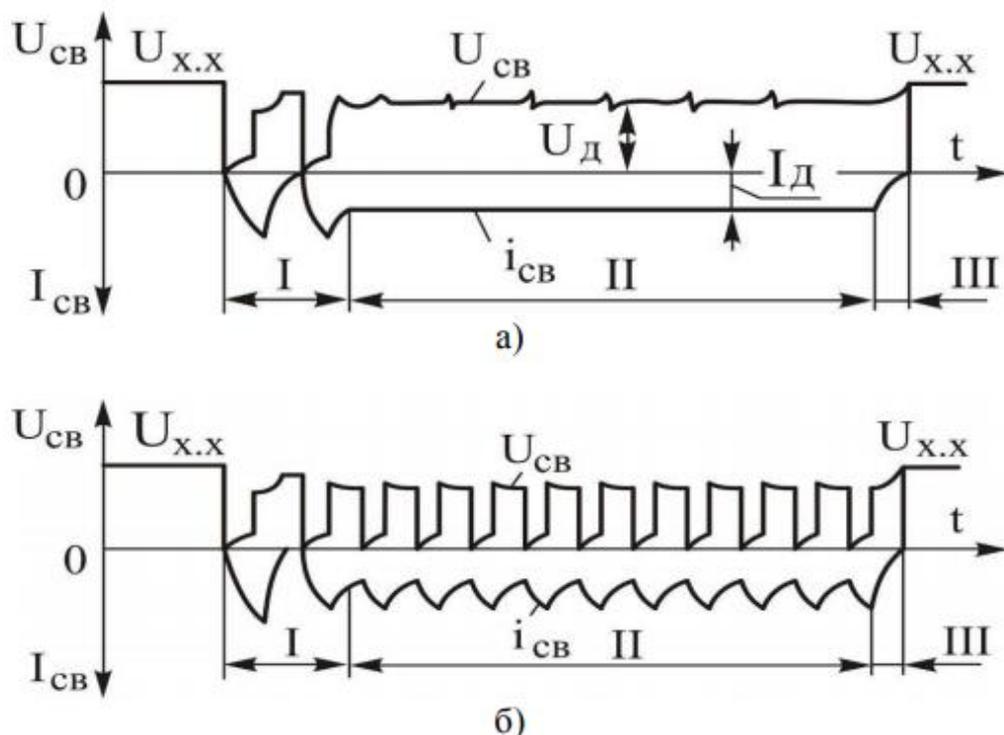


Рис. 1.9. Схемы изменения напряжения и силы тока на протяжении процесса сварки: а) без коротких замыканий; б) с короткими замыканиями. I – начало процесса; II – стабильное течение процесса; III – прекращение процесса сварки;  $U_{св}$ ,  $i_{св}$  – напряжение сварки;  $U_d$  – напряжение дуги;  $U_{x.x}$  – напряжение холостого хода;  $I_{св}$ ,  $i_{св}$  – сила тока сварки;  $I_d$  – сила тока дуги;  $t$  – время

При сварке в защитных газах для получения качественного начала шва без пор и разбрызгивания в зону сварки предварительно подают защитный газ. При сварке проволоками сплошного сечения диаметром до 2,0 мм и порошковыми проволоками до 3,2 мм сварку начинают, предварительно закоротив электрод на изделие или без предварительного закорачивания. С предварительным закорачиванием электрода на изделие (рис. 1.10, а) через 1–2 секунды после подачи защитного газа подают напряжение на электрод и включают электроддвигатель подачи проволоки к изделию. Электрод нагревается и при высоких скоростях нарастания силы тока короткого замыкания (100–300 кА/с) перегорает у изделия. Зажигается дуга, которая оплавляет электрод и изделие. Если напряжение и запас энергии, накопившейся в дросселе, включаемом в сварочную цепь для формирования динамических свойств системы питания, достаточны для горения дуги, то дуга не гаснет и начинается стабильное течение сварки. При начале сварки без предварительного закорачивания электрода на изделие через 1–2 с после подачи защитного газа включают источник тока, и электроддвигатель подачи проволоки к изделию. Электрод нагревается и при высоких скоростях нарастания силы

тока короткого замыкания (100–300 кА/с) перегорает у изделия. Зажигается дуга, которая оплавляет электрод и изделие. Если напряжение и запас энергии, накопившейся в дросселе, включаемом в сварочную цепь для формирования динамических свойств системы питания, достаточны для горения дуги, то дуга не гаснет и начинается стабильное течение сварки.

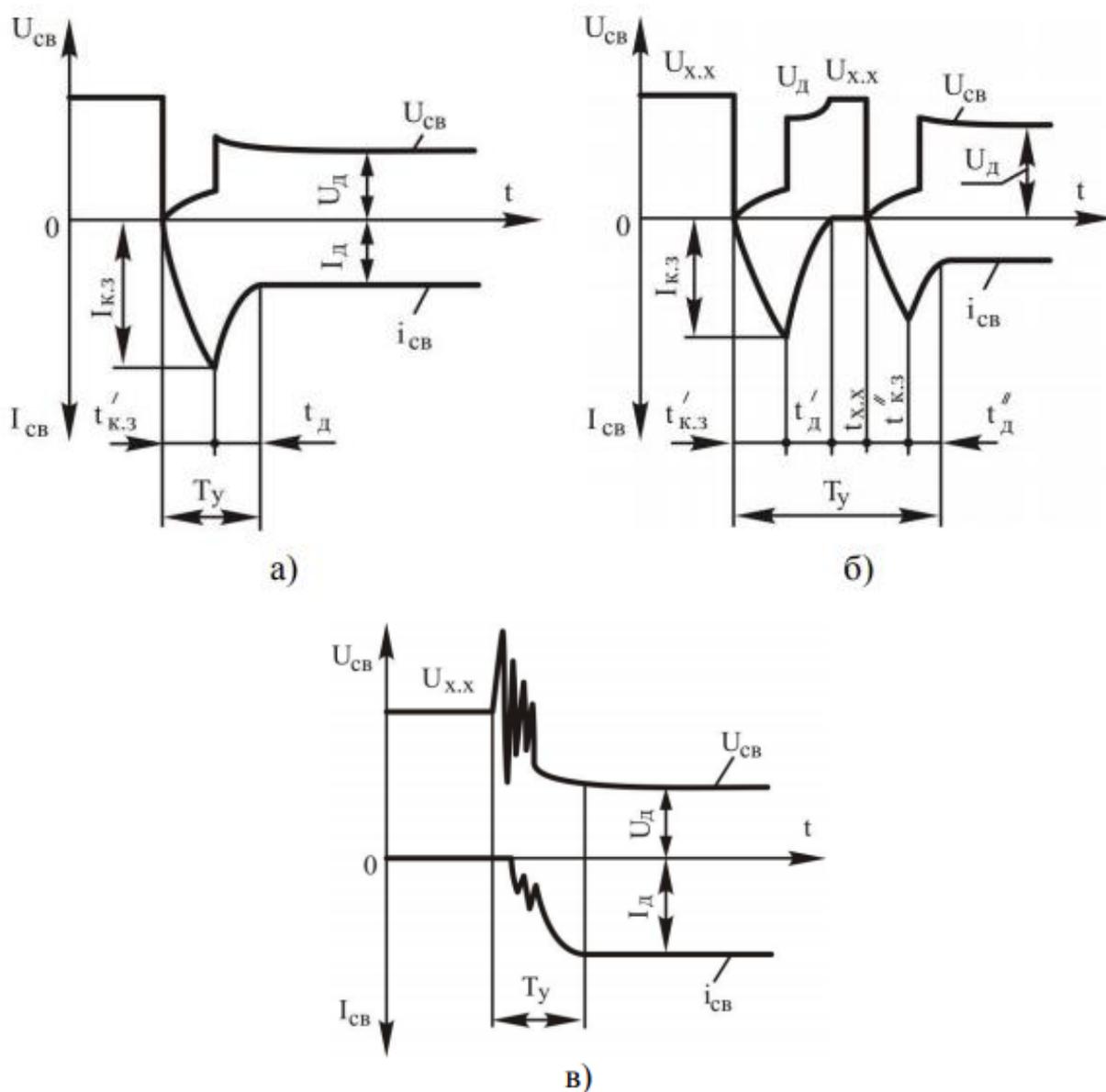


Рис. 1.10. Схемы изменения напряжения и силы тока при установлении процесса сварки путем подачи проволоки к детали (а), замыкания и отрыва электрода от детали (б) и без короткого замыкания (в).

$T_y$  – длительность установления процесса

При начале сварки без предварительного закорачивания электрода на изделие через 1–2 с после подачи защитного газа включают источник тока, и электродвигатель подачи проволоки к изделию. Через некоторое время проволока касается изделия и с усилием прижимается к нему. Под действием силы тока короткого замыкания проволока нагревается, изгибается и перегорает у токоподвода. Зажигается дуга, перегоревший у токоподвода вылет отбрасывается взрывом. Дуга, загоревшаяся между электродом и перегоревшим вылетом, растягивается и обрывается. Через некоторое время, зависящее от скорости подачи, проволока приближается к изделию, и наступает второе короткое замыкание. При высоких скоростях нарастания силы тока короткого замыкания (100–300 кА/с) подогретый конец электрода перегревается и перегорает у изделия. Если напряжение источника тока достаточно для поддержания горения дуги, то дуга не гаснет, и с этого момента начинается стабильное течение процесса сварки. Продолжительность установления процесса сварки и разбрызгивание при этом приеме больше, чем при сварке с предварительным закорачиванием электрода на изделие.

Длительность начала сварки существенно зависит от скорости нарастания силы тока короткого замыкания в сварочной цепи и формы конца электрода (табл. 1.6). Наличие на электроде крупной капли приводит к его перегоранию у токоподвода горелки. Существенное влияние на длительность установления стабильного процесса сварки проволокой диаметром 0,8–1,4 мм оказывает вылет электрода: с увеличением вылета увеличивается время начала и разбрызгивание.

С увеличением диаметра электрода более 1,2 мм влияние вылета уменьшается. При сварке на малых значениях силы тока время начального возбуждения дуги больше, чем на средних. На больших значениях силы тока длительность начала увеличивается. Повышение напряжения сварки уменьшает длительность начала стабильного процесса. Однако, если длина дуги до обрыва больше расстояния между изделием и токоподводом, то после зажигания дуга может растянуться, перейти на токоподвод горелки и оплавить его. Поэтому при сварке тонкими проволоками с малыми вылетами необходимо ограничивать напряжение холостого хода источника тока (рис. 1.6).

Известно, что заострение электрода и нагрев его конца способствует перегоранию электрода у изделия. Увеличить нагрев конца электрода можно за счет зажигания дуги на вспомогательной пластине. Уменьшение времени между сваркой отдельных швов до 3–10 с улучшает начало сварки.

Таблица 1.6

*Зависимость времени начала процесса сварки в CO<sub>2</sub> проволокой Св-08Г2С с предварительным закорачиванием электрода на изделие от скорости нарастания силы тока короткого замыкания и состояния конца электрода*

Скорость нарастания I <sub>к.з.</sub> , кА/с	Состояние конца электрода	Время начала процесса, с, при диаметре электрода, мм					
		0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0
200 – 300	Крупная капля	0,13	0,15	0,17	0,20	0,25	0,30
	Малая капля	0,09	0,10	0,13	0,15	0,18	0,25
	Электрод заострен	0,04	0,06	0,08	0,09	0,12	0,14
100 – 150	Крупная капля	0,14	0,16	0,25	0,30	0,35	0,40
	Малая капля	0,10	0,12	0,18	0,20	0,28	0,30
	Электрод заострен	0,05	0,08	0,09	0,12	0,15	0,18
70 – 80	Крупная капля	0,20	0,25	0,30	0,38	0,45	0,55
	Малая капля	0,15	0,18	0,25	0,30	0,20	0,30
	Электрод заострен	0,10	0,12	0,18	0,20	0,16	0,20
45 – 50	Крупная капля	Непостоянно			0,50	0,58	0,65
	Малая капля	0,20	0,25	0,35	0,45	0,28	0,35
	Электрод заострен	0,18	0,20	0,30	0,25	0,25	0,28
20 – 30	Крупная капля	Непостоянно				0,65	0,70
	Малая капля					0,40	0,70
	Электрод заострен					0,30	0,35

*Примечание. Полярность обратная. Для проволоки диаметром 0,8–1,2 мм вылет составляет 10 мм. Сила тока сварки проволокой диаметром 0,8 мм – 120 А; 1,0 мм – 160 А; 1,2–1,4 мм – 220 А; 1,6 мм – 280 А; 2,0 мм – 320 А. Большая капля  $d_k > 1,5d_s$ ; малая капля  $d_k - (1,1...1,3) d_s$ . Конец электрода заострили откусыванием кусачками под углом 45° к оси проволоки.*

Рекомендуемый вылет электродной проволоки типа Св-08Г2С для начала сварки в CO<sub>2</sub> на обратной полярности:

Диаметр электрода, мм.....	Вылет электрода, мм
0,8.....	8–10
1,0.....	10–12
1,2.....	11–13
1,4.....	12–15
1,6.....	15–18
2,0.....	18–25

Наложение импульсов тока малой длительности, имеющих высокие скорости нарастания силы тока в импульсе (200–300 кА/с) с частотой 25–100 Гц, приводит к перегоранию электрода в месте его контакта с изделием, ускоряет начало сварки и увеличивает провар в начале шва. Вибрация электрода также ускоряет начало сварки. Программированием силы тока и напряжения также можно улучшить начало сварки.

При сварке в аргоне и смесях аргона с углекислым газом длительность установления стабильного процесса сварки несколько меньше, чем в углекислом газе. Это обусловлено большей длиной дуги до обрыва, обеспечивающей больший нагрев электрода в нижней части и меньшее число коротких замыканий до перехода, и стабильное протекание сварки. При сварке порошковой проволокой продолжительность начала сварки также меньше, чем при сварке проволокой сплошного сечения.

При сварке электродной проволокой диаметром 3–5 мм электрод закорачивают на изделие. После подачи защитного газа включают подачу напряжения на электрод и электродвигатель подачи проволоки от изделия. При отрыве электрода перегретый участок перегорает, и загорается дуга. После зажигания дуги переключают электродвигатель механизма на подачу проволоки к изделию. Другим вариантом начала сварки проволокой диаметром 3–5 мм является использование быстрорасплавляющейся токопроводящей вставки (стружки), закладываемой между электродом и изделием. Сварка начинается с одновременного включения напряжения и электродвигателя механизма подачи проволоки к изделию. При сгорании стружки зажигается дуга, и начинается стабильный процесс сварки.

Можно утверждать, что неполный провар соединений, наплывы и разбрызгивание в начале шва при сварке в  $\text{CO}_2$  проволокой Св-08Г2С Это часто вызвано увеличением активного и индуктивного сопротивления сварочной цепи при использовании сварочных кабелей заниженного сечения, при некачественном соединении кабелей между собой и с изделием, а также при укладке лишней длины кабеля в кольца.

Для обеспечения качественного начала сварки в  $\text{CO}_2$  и его смесях проволокой диаметром до 2,5 мм рекомендуется начинать сварку при повышенных скоростях нарастания силы тока короткого замыкания, заостренным электродом или с малой каплей на конце, на пониженных вылетах электрода (при надежном контакте проволоки с токоподводом сварочной горелки). Программирование силы тока и напряжения в начале сварки, наложение импульсов тока и питание от источников с комбинированной падающей внешней характеристикой также улучшает начало сварки [6, 20, 21]. Основным приемом ускорения начала сварки является выполнение процесса при повышенных скоростях нарастания силы тока в сварочной цепи.