

Раздел 4. ОСОБЕННОСТИ СВАРКИ в CO₂ КОРОТКОЙ ДУГОЙ.

4.1 Способы стабилизации и уменьшения электродного металла процесса сварки короткой дугой.

Работы, направленные на устранение недостатков процесса сварки в среде CO₂ имеют два основных направления:

1. Повышение стабильности процесса сварки;
2. Уменьшение разбрызгивания электродного металла.

Первое направление решает задачу поддержания неизменных во времени электрических и тепловых характеристик процесса сварки, изменение их по определенной программе.

Известны методы дуговой сварки с короткими замыканиями дугового промежутка [49, 50]. В первом методе [49] поддерживается максимальная частота коротких замыканий, при этом авторы данной работы считают, что процесс в этом случае протекает наиболее стабильно с минимальным разбрызгиванием электродного металла. Во втором методе производят поддержание среднего дугового напряжения [51], либо отношение среднего рабочего напряжения к среднему дуговому напряжению в определенных пределах [50]:

$$U_d > U_{xx} / 2 \quad (3.1)$$

$$t_d / t_{ц} = U_p / U_d = 0,6 - 0,7 \quad (3.2)$$

где U_d – среднее напряжение на дуге; U_{xx} – напряжение холостого хода источника; t_d – длительность дугового разряда; $t_{ц}$ – длительность цикла изменения тока и напряжения процесса сварки; U_p – среднее рабочее напряжение; U_d – среднее дуговое напряжение.

Авторы второго метода также считают, что процесс сварки протекает устойчиво с небольшими отклонениями и минимальным разбрызгиванием в пределах (4...6 %).

Данные методы сварки характеризуются тем, что для их реализации необходимы минимально возможное среднее напряжение на дуге и повышенное значение индуктивности сварочной цепи. Однако, как было отмечено выше, малые дуговые напряжения вызывают неудовлетворительное формирование сварочного шва. Кроме того, такой процесс не эффективен при мгновенных возмущениях в пределах одного микроцикла, что не позволяет устранить его основные недостатки.

Известны способы сварки, в которых производится дозирование энергии, идущей на плавление электродного металла [52–56]. В данных способах после расплавления определенного количества электродного металла обеспечивают принудительное короткое замыкание либо за счёт наложения на дугу постоянной полярности импульсов напряжения и тока противоположной полярности (рис. 3.1, а-г), либо за счёт периодического снижения напряжения с заданной частотой (рис. 3.1, д).

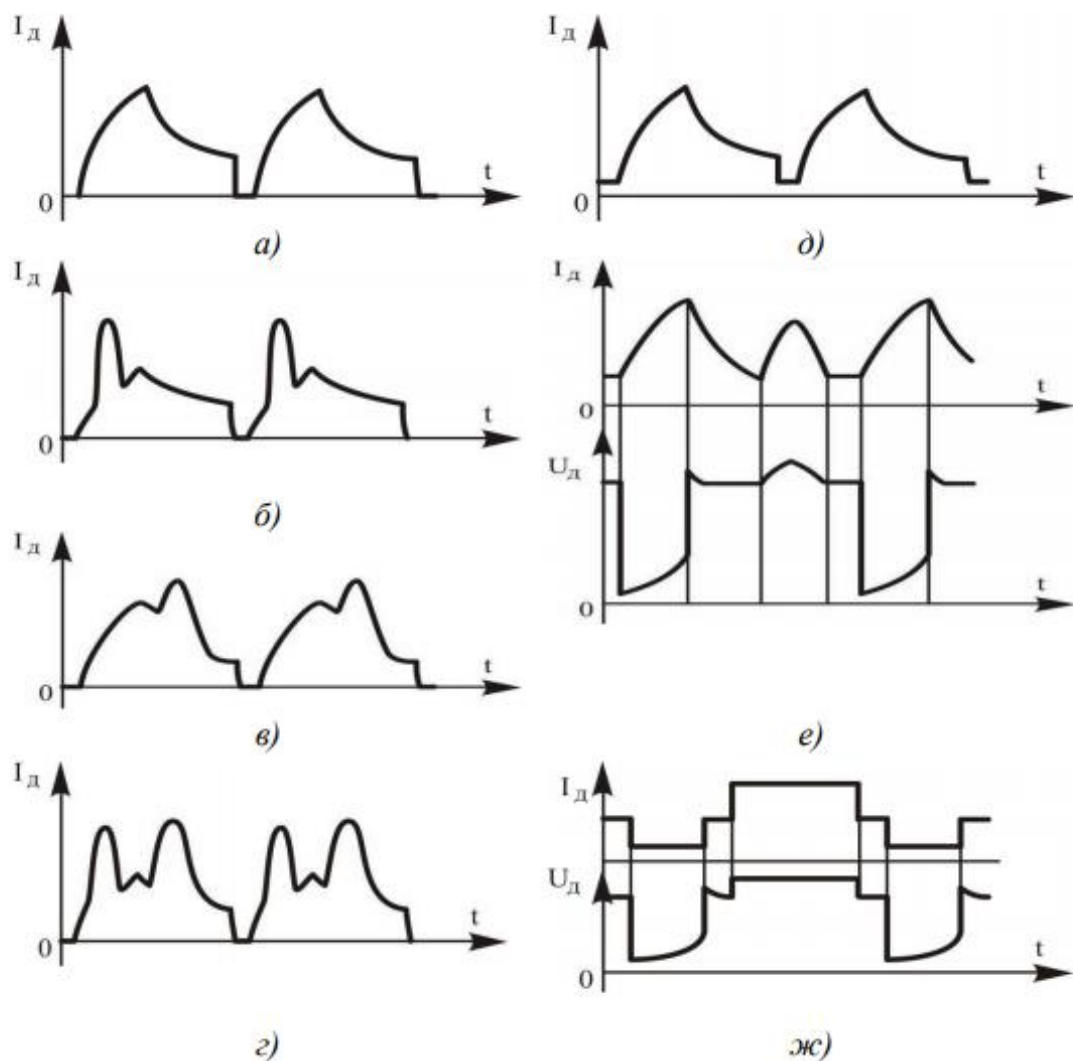


Рис. 3.1. Эпюры тока и напряжения известных способов стабилизации процесса сварки в среде CO_2 короткой дугой

Данные способы сварки позволяют стабилизировать процесс, а также позволяют регулировать процессом каплеобразования и переноса электродного металла в сварочную ванну. Однако, при их реализации не удастся полностью устранить основные недостатки процесса сварки, так как расплавление и перенос электродного металла не осуществляется при строго повторяющихся микроциклах, что является непременным условием стабильности [19]. В способах сварки [52–54] во время дозирования энергии плавления входит время короткого замыкания, величина которого зависит от количества переносимого электродного металла и динамических свойств источников питания. Поэтому длительность горения дуги при этом в пределах каждого микроцикла не будет величиной постоянной. Такое определение длительности дозирования не по-

зволяет получить процесс сварки с минимальными отклонениями его параметров. В способах сварки [55, 56] пауза протекания сварочного тока перед коротким замыканием задается параметрически без учета состояния дугового промежутка. Поэтому начало действия паузы может совпасть с началом короткого замыкания, что приводит к затягиванию длительности короткого замыкания и нарушению устойчивости процесса. Кроме того, во всех перечисленных способах сварки разрушение перемычки происходит при пиковом значении тока короткого замыкания, что вызывает повышенное разбрызгивание электродного металла.

Известны способы сварки [26, 57], в которых дозирование энергии плавления осуществляется за счёт наложения на дугу мощных импульсов (рис. 3.1, е, ж). Во время действия импульсов происходит расплавление определенного количества электродного металла и затем последующий его переход во время короткого замыкания, на интервале которого осуществляют ограничение величины тока.

Однако при таких способах сварки будет иметь место затягивание длительности короткого замыкания, что может привести к нарушению устойчивости процесса. Кроме того, в способе сварки [26] увеличение тока до величины импульса осуществляется с определенной регулируемой задержкой относительно начала короткого замыкания, т.е. параметрически, что не учитывает состояние дугового промежутка. Следовательно, начало действия импульса может наступить на интервале короткого замыкания, что приведет к увеличению разбрызгивания электродного металла в момент повторного возбуждения дуги.

Общей чертой второго направления устранения основных недостатков процесса сварки в среде CO_2 короткой дугой, связанного с уменьшением разбрызгивания электродного металла, является ограничение тока короткого замыкания в отдельных его фазах и при повторном возбуждении дуги.

При анализе данного направления следует отметить, что имеется две гипотезы о причинах разбрызгивания электродного металла. С одной стороны отмечается, что сварочная ванна в момент повторного возбуждения дуги испытывает сильный удар [58]. Этой же гипотезы придерживаются и авторы других более поздних работ [46, 59–61]. При этом, как показано авторами работы [61], ещё не разрушившаяся перемычка шунтируется дугой, и разбрызгивание электродного металла происходит за счёт силового действия дуги в момент её повторного возбуждения [62].

С другой стороны, причиной разбрызгивания является взрыв перемычек [63], вызываемый прохождением по ним тока и нагревом джоулевым теплом, в момент действия, которых перемычка перегревается с последующим взрывообразным испарением. По времени взрыв предшествует последующему силовому действию дуги.

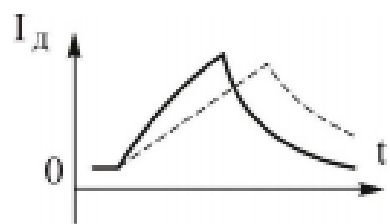
В настоящее время известно большое количество способов ограничения пикового значения тока короткого замыкания, при котором происходит разрушение перемычки. В основном эти способы реализуют либо за счет включения дросселя или активного сопротивления в сварочную цепь, либо за счет электронных ключей, позволяющих формировать определенную программу изменения тока короткого замыкания. При включении дросселя в сварочную цепь ток короткого замыкания $I_{кз}$ нарастает к своему пиковому значению по экспоненте (рис. 3.2, а). Увеличение индуктивного сопротивления дросселя приводит к уменьшению пикового значения $I_{кз}$ и частоты коротких замыканий. При этом разбрызгивание электродного металла уменьшается.

При включении резистора в сварочную цепь, ток короткого замыкания $I_{кз}$ достигает своего пикового и установившегося значения в первый момент и остается неизменным до его окончания (рис. 3.2, д). В момент окончания короткого замыкания ток быстро снижается до величины тока горения. Такое быстрое снижение тока способствует уменьшению газодинамического удара на сварочную ванну и благоприятно сказывается на уменьшении разбрызгивания электродного металла [31]. По оценке автора этой работы Зарубы И.И. оба способа ограничения пикового значения тока короткого замыкания равноценны, т.к. каждый из них имеет предпочтительные области применения.

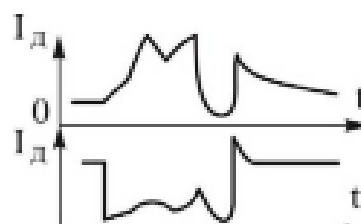
Известны способы сварки [64–69], в которых производят уменьшение сварочного тока к моменту разрыва перемычки. В первом случае [64] (рис. 3.2, б) пауза в протекании сварочного тока задается с определенным запаздыванием относительно начала короткого замыкания, во втором [65–69] (рис. 3.2, в, г, з) начало паузы в протекании сварочного тока совмещается с достижением перемычкой критических размеров (процесс её разрушения необратим). Во всех рассмотренных способах сварки разрушение перемычки происходит при небольшой величине тока паузы, что обеспечивает уменьшение разбрызгивания электродного металла в момент повторного возбуждения дуги.

В процессе сварки наряду с разбрызгиванием в момент повторного возбуждения дуги имеет место разбрызгивание в начальной стадии короткого замыкания за счет большой скорости нарастания тока короткого замыкания и пространственного положения капли электродного металла и сварочной ванны перед коротким замыканием [19, 45].

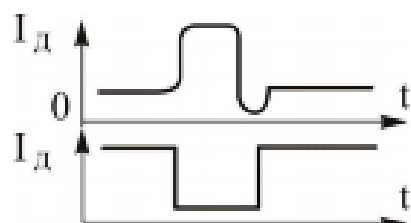
Для устранения указанного недостатка авторами работ [19, 70, 71] были предложены способы сварки (рис. 3.2, и, к, л), в которых производят уменьшение тока короткого замыкания по его началу, что обеспечивает благоприятные условия развития контакта капли и сварочной ванны. Для устранения влияния непрерывной подачи электродной проволоки производят выключение её подачи в момент начала короткого замыкания и включение по его окончанию (рис. 3.2, м) [72]. Такое техническое решение позволяет повысить стабильность процесса сварки и несколько снизить разбрызгивание.



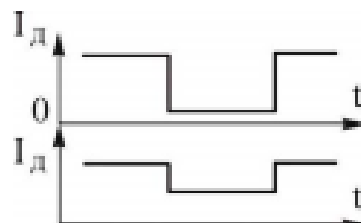
a)



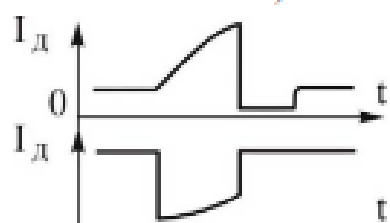
з)



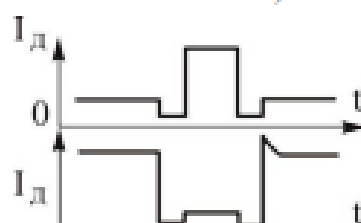
б)



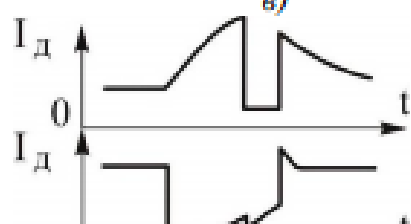
и)



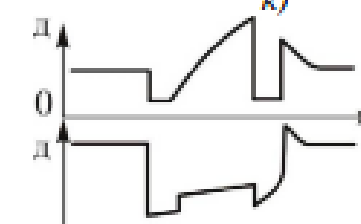
в)



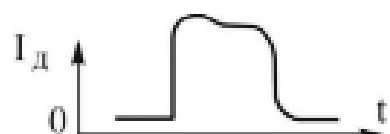
к)



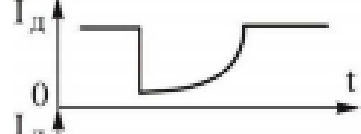
г)



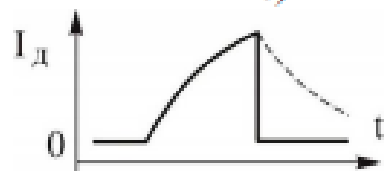
л)



д)



м)



е)

Рис. 3.2. Продолжение рис. на стр. 75

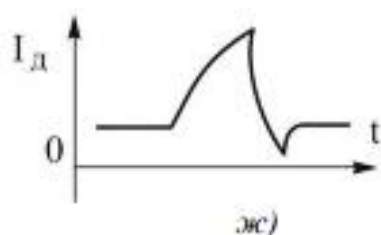


Рис. 3.2. Циклограммы тока и напряжения известных способов сварки в среде CO_2 короткой дугой, созданных для уменьшения разбрызгивания электродного металла

Для реализаций второй гипотезы об устранении влияния силового действия дуги на сварочную ванну были предложены способы сварки, в которых осуществляется гашение энергии, запасенной в дросселе на интервале короткого замыкания (рис. 3.2, ж, е) [46, 73]. Происходит ограничение газодинамического удара, что способствует уменьшению разбрызгивания.

Анализ рассмотренных способов сварки с учётом достоинств и недостатков каждого из них показывает, что все они решают только часть проблемы устранения основных недостатков процесса сварки, т.е. направлены либо на повышение стабильности, либо на уменьшение разбрызгивания электродного металла. Они ограничены по своим возможностям и не обеспечивают стабильного протекания процесса на всей длительности периода каплеобразования и переноса электродного металла, что возможно только при обеспечении неизменных во времени его электрических и тепловых характеристик, либо изменяющихся по определенной программе.