

УДК 621.791.75

Макаренко Н. А., Кошевой А. Д., Грановская Н. А., Синельник В. В.

ПРИМЕНЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СВАРОЧНОЙ ДУГИ ПРИ ТИГ-СВАРКЕ ТОНКОЛИСТОВОГО МЕТАЛЛА

ТИГ-сварка нашла широкое применение при сварке металлов, в том числе металлов небольшой толщины. Данный вид сварки позволяет получить высококачественные соединения с красивым внешним видом шва на всех конструкционных металлах и сплавах. Наибольшее распространение получила сварка неплавящимся (вольфрамовым) электродом в среде аргона. Однако (при сварке тонколистового металла) уменьшение тока дуги приводит к ее пространственной неустойчивости, что резко ухудшает качество получаемого сварного соединения и затрудняет работу сварщика. Разработанный ранее [1] способ импульсно-дуговой сварки в значительной мере ликвидирует недостатки ТИГ сварки непрерывной дугой, в частности снижает вероятность образования прожогов свариваемого металла, однако при этом средний ток сварки остается значительным, что ограничивает диапазон свариваемых толщин.

В связи с этим в ИЭС им. Е. О. Патона был разработан способ микроплазменной сварки [2], позволяющий сваривать металлы малой толщины [3], однако микроплазменные установки оказались достаточно дорогими, плазматрон практически непригодным для ручной сварки (из-за большого веса, малой маневренности, кроме того, сопло для подачи защитного газа имело большой диаметр и закрывало микроплазменную дугу, делая ее недоступной для визуального контроля). Установки нуждались в водяном охлаждении, а также применении (кроме аргона) гелия и водорода. В связи с этим микроплазменные установки не получили широкого распространения. Исходя из вышеизложенного, следует считать разработку способов ТИГ-сварки тонколистового металла, а также оборудования для этих целей актуальными задачами.

Цель проведения исследований – обеспечение технологических возможностей ТИГ-сварки малоамперной дугой, обеспечивающих использование обычных горелок для ТИГ-сварки (не имеющих водяного охлаждения) и проведение сварки в среде чистого аргона.

Известно [2, 3], что плотность тока в микроплазменной дуге составляет 17–26 А/мм² (при этом меньшим токам дуги соответствуют большие плотности тока), в то время как для свободногорящей дуги в аргоне этот показатель составляет 10–18 А/мм² [4, 5].

В то же время, сварочная дуга обладает определенной инерционностью [4, 5], что обуславливает определенное запаздывание в расширении токопроводящего канала и активных пятен на электродах при быстром нарастании тока дуги [6] и, тем самым, определяет динамические характеристики. Известно [8], что при скорости изменения тока до $0,6 \cdot 10^6$ А/с на динамических характеристиках дуги в аргоне отсутствует петля гистерезиса, в то время как при скорости изменения тока (dI/dt), равном $1,7 \cdot 10^6$ А/с, имеется значительная петля гистерезиса, обусловленная переходными процессами в сварочной дуге, прежде всего запаздыванием в изменении геометрических размеров столба дуги и активных пятен [6].

Эсбияном Э. М. [7] было установлено, что длительность переходных процессов в малоамперной сварочной дуге на 2–3 порядка выше, чем в сильноточной дуге, что проявляется в виде пиков напряжения в момент начала и окончания импульсов тока при импульсно-дуговом режиме сварки. Таким образом, при больших значениях dI/dt (из-за инерционности процессов расширения канала и активных пятен малоамперной дуги) ($1-1,5 \cdot 10^{-3}$ с) [4] можно кратковременно в свободногорящей дуге достичь плотностей тока, характерных для микроплазменной дуги. Более того, плотность тока микроплазменной дуги ограничивается

вероятностью возникновения двойного дугообразования в плазмообразующем сопле, в то время как у свободногорящей дуги такой опасности нет, а, следовательно, их плотность тока может быть поднята до значительно больших величин.

Следует отметить, что длительность импульса тока должна быть соизмеримой с длительностью переходного процесса в малоамперной дуге, только в этом случае можно сохранить высокую плотность тока в столбе дуги и активных пятнах. Таким образом, для достижения высокой плотности тока в дуге необходимо обеспечить протекание импульсов тока с большими скоростями нарастания и спада тока при небольшой длительности импульса. Во время пауз между импульсами дуга горит на небольшом 0,5–5 А дежурном токе. Следует учесть, что высокая плотность тока в дуге во время прохождения импульса тока вызывает повышенную степень ионизации и повышение температуры в столбе дуги, что делает по этим показателям свободногорящую дугу близкой к микроплазменной. После окончания импульса тока в канале в канале столба дуги остаются свободные носители заряда, соответствующие току импульса, в связи с чем (согласно принципу минимума Штеенбека) дежурная дуга будет гореть по каналу дуги, образовавшемуся во время прохождения тока, то есть будет пространственно устойчивой. Длительность паузы необходимо выбирать такой, чтобы полностью завершить переходные процессы в дуге и ее геометрические размеры стали соответствовали бы малоамперной дежурной дуге.

Таким образом, предложенный способ сварки является микроимпульсной сваркой, т. е. импульсной сваркой с весьма короткой длительностью импульсов тока сварочной дуги. Для его реализации требуются специфические установки, которые могут быть построены по принципу, предложенному Э. М. Эсибяном в начале 60-х годов прошлого века [7]. Следует отметить, что в источниках питания АП применялись параллельно включенные транзисторы П4 и П210 с включенными в их эмиттерные цепи, уравнивающих резисторов, для регулирования тока и формирования импульсов. Транзисторы, являясь быстродействующими элементами, позволяют обеспечивать коммутацию сварочного тока с необходимой величиной di/dt . Однако малая мощность и несовершенство транзисторов 60-х годов прошлого века делали надежность источников питания серии АП весьма низкой. С появлением новых силовых IGBT транзисторов этот недостаток был устранен и в настоящее время источники питания с включением силовых транзисторов в сварочной цепи – чопперы нашли применение в промышленности. Силовые транзисторы предназначены для работы в ключевом режиме, однако, учитывая малые токи дуги при сварке тонкого металла, а также достаточно высокую (до 1,5 кВт), допустимую мощность рассеивания, их можно применять (аналогично транзисторам в схеме источников питания серии АП) [7]. Источник питания для микроимпульсной сварки (рисунок) должен обеспечивать высокую скорость нарастания и спада сварочного тока при прохождении импульса тока дуги (для этого в нем имеются соответствующие конструктивные особенности). Так, выпрямитель источника питания имеет жесткую ВАХ и собран по шестифазной схеме без уравнивающего реактора, чтобы уменьшить индуктивность в сварочной цепи (при малых токах сварки это вполне допустимо). В выпрямительном блоке использованы диоды Д4, допускающие работу на частотах до 16 кГц, и высокие значения di/dt . Батарея конденсаторов, включенная параллельно выходу выпрямительного блока, компенсирует влияние индуктивности обмоток силового трансформатора на скорость нарастания сварочного тока (этому же служит блокировка вторичной обмотки импульсного трансформатора возбудителя дуги) после зажигания дуги. Безиндуктивный резистор R ограничивает значение сварочного тока через транзистор до допустимого при случайном замыкании вольфрамового электрода на изделие.

Проведенные испытания показали высокую эффективность предложенного способа сварки. Так, при ремонте пластин холодильников серной кислоты, применяемых на концерне «Стирол» (г. Горловка), изготовленных из сплава 03ХН28МДТ толщиной 0,6мм, имевших из-за длительной эксплуатации одиночные свищи (следствие межкристаллической коррозии),

ликвидировать такие свищи аргонодуговой сваркой не удалось. Из-за значительных размеров сварочной ванны возникали остаточные напряжения, приводящие к появлению новых свищей на расстоянии 5–20 мм от места сварки.

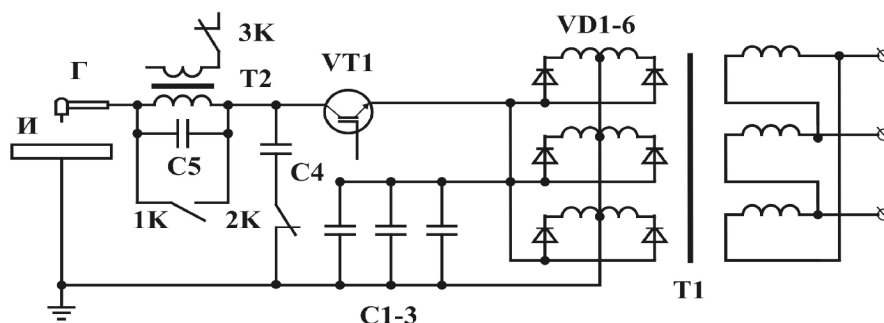


Рис. 1. Схема экспериментальной установки микроимпульсной сварки:

Г – горелка; И – изделие; C1-3 – зарядные конденсаторы; VD1-6 – диоды; Т1 – силовой трансформатор; Т2 – импульсный трансформатор возбуждителя дуги; 1К, 2К, 3К – контакты контактора; C4 – защитный конденсатор; C5 – конденсатор колебательного контура возбуждителя дуги

В то же время, использование микроимпульсной сварки позволило обеспечить надежную заварку дефектов. Следует отметить, что техника микроимпульсной сварки практически идентична технике обычной ТИГ сварки в аргоне и доступна сварщикам-аргонщикам.

ВЫВОДЫ

1. Микроимпульсную сварку целесообразно применять для сварки изделий из металлов и сплавов малой толщины.
2. Установлено, что применение коротких импульсов (менее $1,5 \cdot 10^{-3}$ с) при высокой скорости нарастания тока в начале импульса позволяет получить в канале дуги плотность тока, характерную или большую, чем при микроплазменной сварке.
3. Исследования показали, что при микроимпульсной сварке устраняется пространственная неустойчивость малоамперной дуги.
4. Источник питания для микроимпульсной сварки может быть построен по принципу транзисторного чоппера с регулировкой токов импульса и дежурной дуги за счет силового транзистора. Для получения высоких значений dI/dt необходимо стремиться к возможно меньшей соответственной индуктивности сварочной цепи, устанавливать полупроводниковые приборы с большими допустимыми значениями dI/dt , а также включать параллельно выпрямительному блоку конденсаторную батарею.

ЛИТЕРАТУРА

1. Эсбиян Э. М. Тепловой баланс сварки импульсной малоамперной дугой / Э. М. Эсбиян, Б. И. Шнайдер // Автоматическая сварка. – 1967. – № 4. – С. 16–18.
2. Патон Б. Е. Микроплазменная сварка / Б. Е. Патон, В. С. Гвоздецкий, Д. А. Дудко ; под ред. Б. Е. Патона. – Киев : Наукова думка, 1979. – 245 с.
3. Шнайдер Б. И. Микроплазменная обработка материалов / Б. И. Шнайдер. – Киев : Наукова думка, 1976 – 54 с.
4. Лесков Г. И. Электрическая сварочная дуга / Г. И. Лесков. – М. : Машиностроение, 1970. – 334 с.
5. Ленивкин В. А. Технологические свойства сварочной дуги в защитных газах / В. А. Ленивкин, Н. Г. Дюргеров, Х. Н. Сагиров. – М. : Машиностроение, 1989. – 263 с.
6. Вагнер Ф. А. Оборудование и способы сварки пульсирующей дугой / Ф. А. Вагнер. – М. : Энергия, 1980. – 116 с.
7. Эсбиян Э. М. Полупроводниковый источник питания АП-2 для сварки малоамперной пульсирующей дугой / Э. М. Эсбиян // Автоматическая сварка. – 1965. – № 1. – С. 56–58.
8. Дюргеров Н. Г. Оборудование для импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом / Н. Г. Дюргеров, Х. Н. Сагиров, В. А. Ленивкин. – М. : Энергоатомиздат, 1985. – 79 с.