

УДК 621.791.76

Бондаренко А. Ф., Сидорец В. Н., Бондаренко Ю. В.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ ДЛЯ КОНТАКТНОЙ МИКРОСВАРКИ

Для получения высококачественных сварных соединений деталей ответственного назначения посредством контактной микросварки, важным является обеспечение отсутствия таких дефектов, как выплески металла, непровары и прожоги, а также обеспечение высокой повторяемости параметров сварных точек [1, 2].

Поскольку качество сварных соединений непосредственно зависит от электрических и механических параметров сварочного оборудования, целью данной работы является совершенствование источников питания для установок контактной микросварки в направлении согласованного формирования законов изменения сварочного тока и давления электродов.

Согласно данным отечественных и зарубежных публикаций, высокого качества соединений можно достичь путем формирования (программирования) специальных законов изменения сварочного тока, напряжения на сварочном контакте или мощности, выделяемой в зоне сварки [1, 3–5]. При этом используются следующие формы импульсов (рис. 1):

- импульс со сглаженным передним и / или задним фронтом;
- двоянный импульс, первый из которых – подогревающий, меньшей амплитуды;
- импульс сложной формы, комбинация первых двух разновидностей.

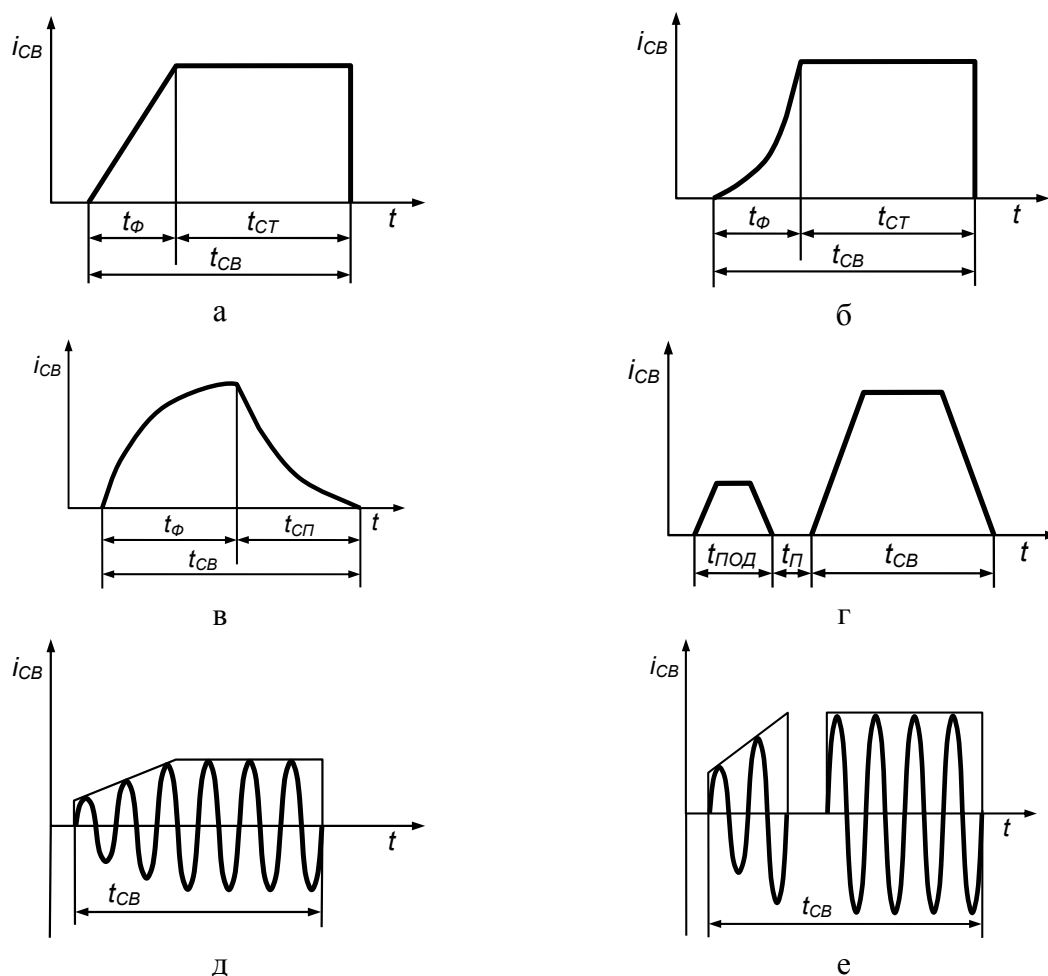


Рис. 1. Программирование формы импульсов тока для микросварки

На рис. 1 обозначены: t_{CB} – длительность сварки; t_{ϕ} – длительность фронта импульса тока; $t_{СП}$ – длительность спада импульса тока; $t_{СТ}$ – длительность этапа стабилизации тока; $t_{ПОД}$ – длительность подогревающего импульса; $t_{П}$ – длительность паузы между импульсами тока.

Сглаживание переднего фронта сварочного импульса способствует более «спокойному» формированию сварного соединения, чем при использовании прямоугольной формы импульса, поскольку разрушение оксидных пленок и смятие микронеровностей поверхностей свариваемых деталей на начальном этапе сварки в этом случае происходит медленнее, а плотность тока, протекающего через первичные контактные площадки, значительно ниже критической, при которой возможны выплески металла. Программирование плавного спада сварочного импульса обеспечивает постепенное снижение температуры в зоне сварки на завершающем этапе, в результате чего достигается однородное затвердевание сварочного ядра.

При использовании подогревающего импульса достигается снижение разброса начальных значений контактных сопротивлений, и, как следствие, процесс ввода тепла в сварочный контакт становится более прогнозируемым, уменьшается вероятность локального перегрева металла, который приводит к выплескам.

Поиск оптимальных законов изменения электрических параметров сварочных импульсов для различных условий сварки, определяемых материалами, толщинами, состоянием поверхности и конфигурацией свариваемых деталей, наиболее целесообразно осуществлять в лабораторных условиях методом опытного подбора [1, 2, 4].

Следует отметить, что уменьшения значений и разброса переходных сопротивлений, а, соответственно, и повышения качества соединений можно также достичь путем программирования закона изменения давления сварочных электродов (рис. 2) [1, 2, 6]. При этом сварочный ток может подаваться в виде прямоугольного импульса, без формирования какого-либо специального закона.

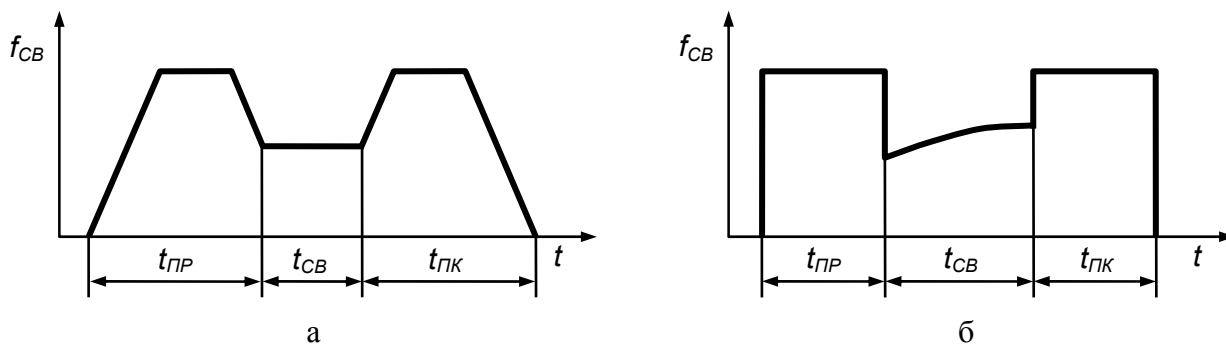


Рис. 2. Программирование закона изменения давления сварочных электродов

На рис. 2 обозначены: f_{CB} – сила давления сварочных электродов; $t_{ПР}$ – длительность предварительного сжатия электродов; t_{CB} – длительность основного этапа сварки; $t_{ПК}$ – длительность окончательной обработки (проковки).

Кроме того используют согласованное программирование закона изменения сварочного тока и закона изменения давления электродов, которое заключается в том, что этапы формирования импульса сварочного тока находятся в полном соответствии с определенными фазами программы давления электродов (рис. 3) [1, 6]. Так, импульс предварительного подогрева или начальное нарастание тока должны совпадать по времени с предварительным сжатием электродов, основной этап сварки максимальным током должен соответствовать минимальному давлению, а на этапе проковки ток должен плавно снижаться либо вовсе отсутствовать. При таком согласовании закона изменения тока и программы давления электродов минимизируется и стабилизируется сопротивление зоны сварки, что в конечном итоге положительно отражается на качестве сварных соединений.

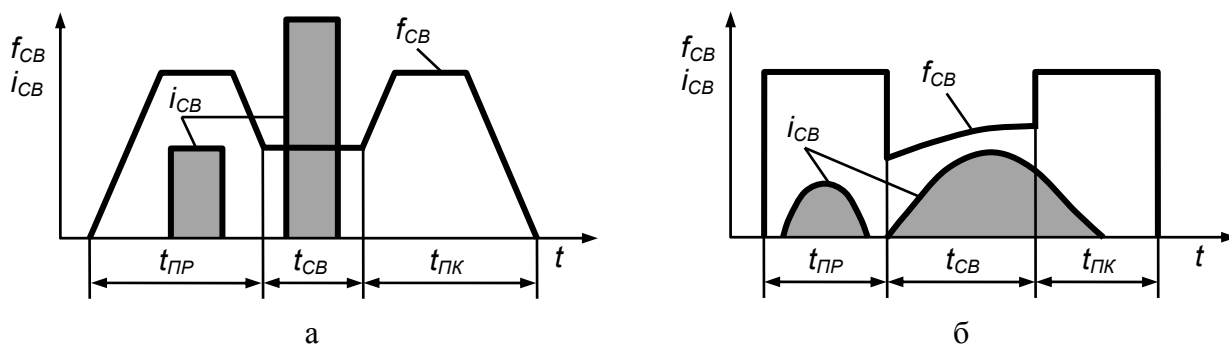


Рис. 3. Согласованное формирование сварочного тока и давления электродов

Следует, однако, отметить, что программирование и контроль механических параметров (перемещения электродов, давления) используется, в основном, при контактной сварке деталей более крупных размеров, чем это характерно для микросварки. Сложности при формировании закона изменения давления электродов в процессе контактной микросварки связаны с тем, что ее длительность очень мала и может составлять единицы миллисекунд, в то время как механическая система достаточно инерционна и не может обеспечить эффективное использование обратных связей контуров регулирования, необходимое для точной отработки заданной программы [6].

Таким образом, существует определенная проблема в реализации согласованного формирования закона изменения сварочного тока и закона изменения давления электродов установки контактной микросварки.

Решение данной проблемы видится в максимально возможном снижении инерционности всех электрических и механических узлов сварочной установки за счет использования современных быстродействующих полупроводниковых приборов, высокоточных малоинерционных датчиков и исполнительных устройств при построении источников питания для контактной микросварки.

На рис. 4 предложена обобщенная структура установки для контактной микросварки, построенная в соответствии с принципом минимизации ее инерционности.

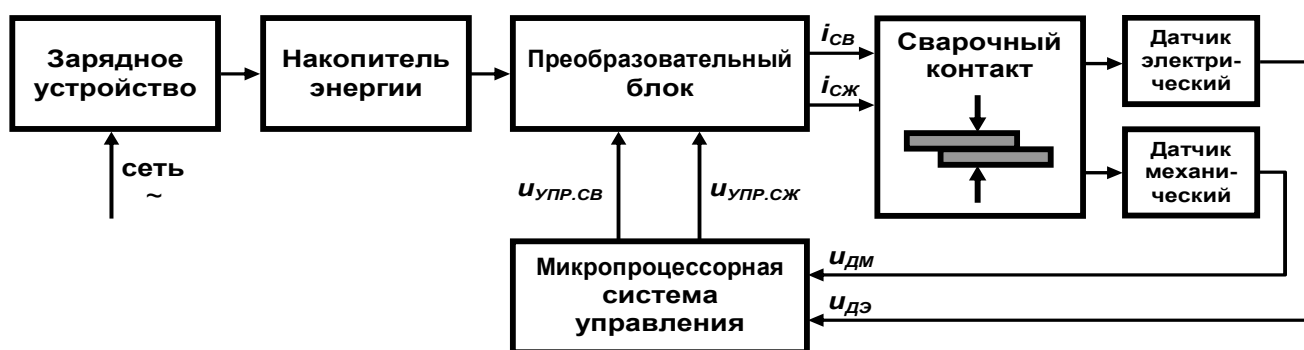


Рис. 4. Структура установки контактной микросварки

На рис. 4 обозначены: i_{CB} – сварочный ток; $i_{CЖ}$ – ток сжатия электродов; $u_{УПР.СВ}$ – напряжение управления источником сварочного тока; $u_{УПР.СЖ}$ – напряжение управления источником тока сжатия электродов; $u_{ДЭ}$ – напряжение с электрического датчика; $u_{ДМ}$ – напряжение с механического датчика.

В структуре на рис. 4 можно выделить два независимых контура регулирования: по уровню сварочного тока (либо напряжения на сварочных электродах, либо мощности) и по перемещению электродов.

Преобразовательный блок включает в себя два преобразователя: источник-формирователь сварочного тока и источник тока, управляющий сжатием электродов. Использование мощных быстродействующих транзисторов для построения преобразовательного блока и накопителя энергии на основе батареи низковольтных электролитических конденсаторов (либо комбинированного источника аккумуляторная батарея – конденсаторы) позволяет отказаться от применения согласующего трансформатора на выходе источника, который, как правило, вносит существенную инерционность в электрический контур регулирования. При этом возможность протекания сварочного тока требуемого уровня (сотни ампер) может быть обеспечена путем параллельного соединения силовых транзисторов или объединения их в модульные структуры.

Микропроцессорная система управления позволяет задавать требуемые законы изменения электрического тока (напряжения, мощности) и программы давления электродов, а также оперативно их корректировать.

В качестве электрического датчика, отслеживающего уровень сварочного тока, может быть использован безындуктивный шунт.

В качестве механического датчика, отслеживающего перемещение сварочных электродов, перспективным представляется использование современного типа приборов – микроэлектромеханических (MEMS) акселерометров, измерительные системы на базе которых обладают высокой чувствительностью к перемещениям (доли микрон) и имеет высокое быстродействие (доли миллисекунд).

Важную роль в минимизации инерционности системы играет также конструкция сварочных электродов и тип исполнительного устройства, приводящего их в движение. С одной стороны, электроды должны обеспечивать достаточное усилие сжатия, а с другой – иметь минимальную массу. Перспективным в данной части представляется использование системы сжатия электродинамического типа.

ВЫВОДЫ

Таким образом, применение современной элементной базы открывает новые возможности для совершенствования источников питания установок контактной микросварки в направлении обеспечения согласованного регулирования как электрических, так и механических параметров в процессе сварки, что, в свою очередь, позволит повысить качество сварных соединений и повторяемость их параметров.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атауш В. Е. Микросварка в приборостроении / В. Е. Атауш, В. П. Леонов, Э. Г. Москвин. – Рига : РТУ, 1996. – 332 с.
2. Моравский В. Э. Технология и оборудование для точечной и рельефной конденсаторной сварки / В. Э. Моравский, Д. С. Ворона. – Киев : Наук. думка, 1985. – 272 с.
3. Леонов В. П. Малоинерционный источник питания для микросварки и пайки с обратной связью по электроэнергетическим параметрам / В. П. Леонов, В. Е. Атауш // Припои для пайки современных материалов. – Киев : ИЭС им. Е. О. Патона, 1985. – С. 133–139.
4. Бондаренко А. Ф. Формирователи импульсов тока для установок контактной микросварки : дис. ... канд. техн. наук : 05.09.12 / Бондаренко Александр Федорович. – Алчевск, 2007. – 211 с.
5. Слободян М. С. Стабилизация качества соединений при контактной точечной микросварке деталей из циркониевого сплава Э110 : автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук : 05.03.06 / Слободян Михаил Степанович. – Барнаул, 2009. – 16 с.
6. Устройства для ударной обработки сварного шва в процессе точечной контактной сварки / [А. С. Письменный, И. В. Пентегов, В. М. Кислицын и др.] // Автоматическая сварка. – 2011. – № 1. – С. 52–55.

Статья поступила в редакцию 03.09.2012 г.