



УПРАВЛЕНИЕ ЗАЖИГАНИЕМ ДУГИ ПРИ ВОЗБУЖДЕНИИ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОГО ПРОЦЕССА

Ю. Н. ЛАНКИН, д-р техн. наук, А. А. МОСКАЛЕНКО, В. Г. ТЮКАЛОВ, инженеры,
В. Ф. СЕМИКИН, канд. техн. наук (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Описано управление процессом зажигания электрической дуги при наведении шлаковой ванны для ЭШС. Приведен алгоритм контактного зажигания дуги с первого касания проволочным электродом свариваемого изделия. Решающими условиями надежного зажигания дуги является заостренный торец электрода, подача напряжения источника питания на неподвижный электрод после его замыкания на изделие. Для перехода к установившемуся процессу включение подачи электрода должно выполняться с задержкой после зажигания дуги. Приведены экспериментальные данные процесса зажигания дуги.

Ключевые слова: электрошлаковая сварка, зажигание сварочной дуги, наведение шлаковой ванны, управление зажиганием

Для начала электрошлакового процесса необходима шлаковая ванна расплавленного флюса, для получения которой (наведения) существует несколько способов. При электрошлаковой сварке (ЭШС) электродами большого сечения шлак предварительно расплавляют во вспомогательном тигле и затем заливают в пространство между свариваемыми кромками [1] либо используют электропроводный флюс в твердом состоянии [2]. При сварке проволочными электродами шлаковую ванну в большинстве случаев наводят с помощью дуги. Возбуждение дуги может проводиться бесконтактным способом с помощью высоковольтных высокочастотных генераторов [3, 4], но чаще всего осуществляется контактными способами. Для облегчения возбуждения дуги в зону сварки засыпают слой металлического порошка или стружки толщиной 10...12 мм, а затем слой флюса толщиной 3...5 мм [5]. Наибольшее распространение, как и для дуговой сварки плавящимся электродом в среде защитных газов или под слоем флюса, получил способ, основанный на разрыве под напряжением контакта между электродом и свариваемым изделием [6, 7].

Теоретическим аспектам контактного зажигания дуги посвящен ряд работ, например [8–11]. На их основе процесс контактного зажигания дуги можно представить следующим образом. При соприкосновении конца электрода со свариваемым металлом через электрод начинает проходить ток короткого замыкания (КЗ) сварочной цепи. В результате прохождения тока в электроде выделяется тепло, нагревающее его. Наибольшее количество тепла выделяется в зонах повышенного сопротивления: в контактах электрод–деталь и электрод–токоподводящий наконечник.

Если контактные сопротивления относительно невелики, то благодаря интенсивному теплоотводу в зонах контактов электрод нагревается вплоть до температуры плавления ближе к середине его вылета. После этого диаметр образовавшейся жидкой перемычки начинает уменьшаться под действием сил поверхностного натяжения и электромагнитных сил, вызванных протекающим током. Металл перемычки перегревается до испарения и взрывается. Значительная часть электрода, потерявшего устойчивость вследствие сильного нагрева, уносится взрывом из зоны сварки. Из-за образовавшегося большого межэлектродного промежутка дуга не зажигается. В результате подачи электрода вновь возникает КЗ дугового промежутка, но уже с новым распределением температуры по длине электрода. При повторном и последующих касаниях электрода свариваемого изделия начальная температура конца электрода будет все выше вследствие нагрева при предыдущем касании. После нескольких КЗ расплавление электрода и взрыв перемычки произойдет вблизи контакта электрод–деталь. Поскольку образовавшийся ионизированный промежуток достаточно мал, загорается электрическая дуга [8]. КЗ для такого процесса возбуждения дуги характеризуются значительной длительностью (рис. 1). В экспериментах использовали электродную проволоку диаметром 3 мм (скорость подачи 42 м/ч) и флюс АН-8.

При большом контактном сопротивлении электрод–деталь наиболее нагретой оказывается зона контакта электрода с изделием. Именно в этой области происходит расплавление электрода и взрыв жидкой перемычки. В образовавшемся после взрыва перемычки промежутке (электрод–деталь), заполненном ионизированным газом, зажигается дуга, т. е. процесс возбуждения дуги про-

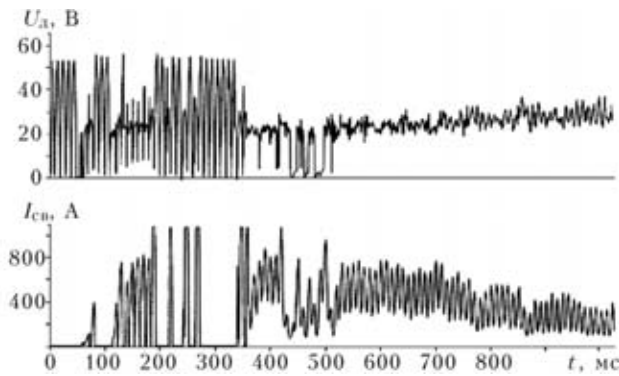


Рис. 1. Процесс возбуждения дуги при относительно большом сопротивлении контакта электрод–деталь

исходит после первого касания электрода с изделием.

Таким образом, решающим условием надежного зажигания электрода с первого касания является повышенное сопротивление электрической цепи в области конец электрода–свариваемое изделие и минимальное сопротивление контакта электрод–токоподводящий наконечник.

Для повышения контактного сопротивления электрод–деталь тем или иным способом уменьшают площадь поперечного сечения проводника тока в области контакта. Это могут быть упомянутые выше металлическая стружка или порошок, приваренная к электроду металлическая пластина с меньшей, чем у электрода площадью поперечного сечения [7], вибрации конца электрода в направлении, перпендикулярном его оси [12, 13], либо заострение конца электрода. Последнее обеспечивается в свою очередь либо уменьшением размера оставшейся на конце электрода капли, используя специальные алгоритмы окончания процесса сварки, либо просто откусыванием конца электрода кусачками, лучше всего под острым углом к оси. Как показывает опыт, последний способ самый простой и эффективный.

Результаты компьютерного моделирования нагрева заостренного и тупого торца электрода при КЗ приведены в работе [11]. Характер нагрева для этих двух случаев кардинально различается. Для заостренного электрода максимум температуры располагается в области, очень близкой к торцу. В то же время остальная часть электрода остается при комнатной температуре. В электроде с плоским торцом область, нагретая до температуры плавления, занимает гораздо более протяженную область и расположена на значительном расстоянии от торца электрода.

Для максимального использования преимуществ заостренного электрода необходимо, чтобы его форма оставалась по возможности неизменной в течение всего времени нагрева. Для этого начальную скорость подачи электрода до зажигания дуги устанавливают ниже рабочей [6]. В противном случае при нагреве заостренного торца элект-

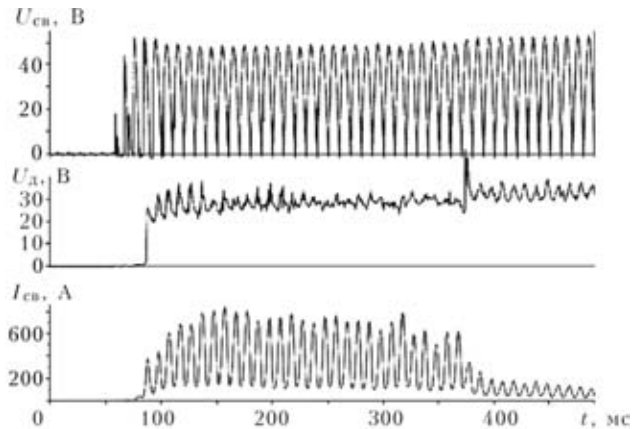


Рис. 2. Зажигание электрической дуги при нулевой скорости подачи электрода с заостренным концом ($U_{св}$ — напряжение сварочного источника)

рода во время КЗ до температуры пластичности площадь контакта электрода с изделием увеличивается вследствие подачи электрода и тепловыделение в этой зоне уменьшается. Наилучший результат достигается при полной остановке подачи электрода на время возбуждения дуги, как это сделано в работе [14]. Процесс зажигания дуги под флюсом при нулевой скорости подачи электрода приведен на рис. 2. После касания свариваемого изделия электродом с заостренным концом привод подачи останавливают, засыпается флюс и включается сварочный источник питания. Как видно из рис. 2, процесс возбуждения дуги происходит очень мягко — ток КЗ менее 300 А, а длительность менее трех полупериодов напряжения питающей сети. Плавление электрода электрической дугой и сброс образовавшейся капли приводит к росту дугового промежутка до предельного значения горения дуги при данном напряжении источника питания и результирующему обрыву дуги. Для параметров процесса, приведенном на рис. 2, обрыв дуги происходит при длине дуги 5 мм. Этот процесс длится 350...600 мс. Следовательно, для установления стабильного дугового процесса через 150...250 мс можно включать подачу электрода. В дальнейшем устойчивость горения дуги зависит уже только от параметров источника питания, скорости подачи электрода, защитной среды и т. п.

Для автоматизации приведенного выше алгоритма зажигания дуги были разработаны датчик замыкания электрода на изделие и контроллер управления двигателем подачи электрода и включения сварочного источника питания. Датчиком КЗ служит низковольтный автономный источник напряжения с высоким внутренним сопротивлением, подключенный к электроду параллельно сварочному источнику питания.

Работа системы зажигания дуги происходит следующим образом. По команде ПУСК включается зондирующее напряжение датчика КЗ и

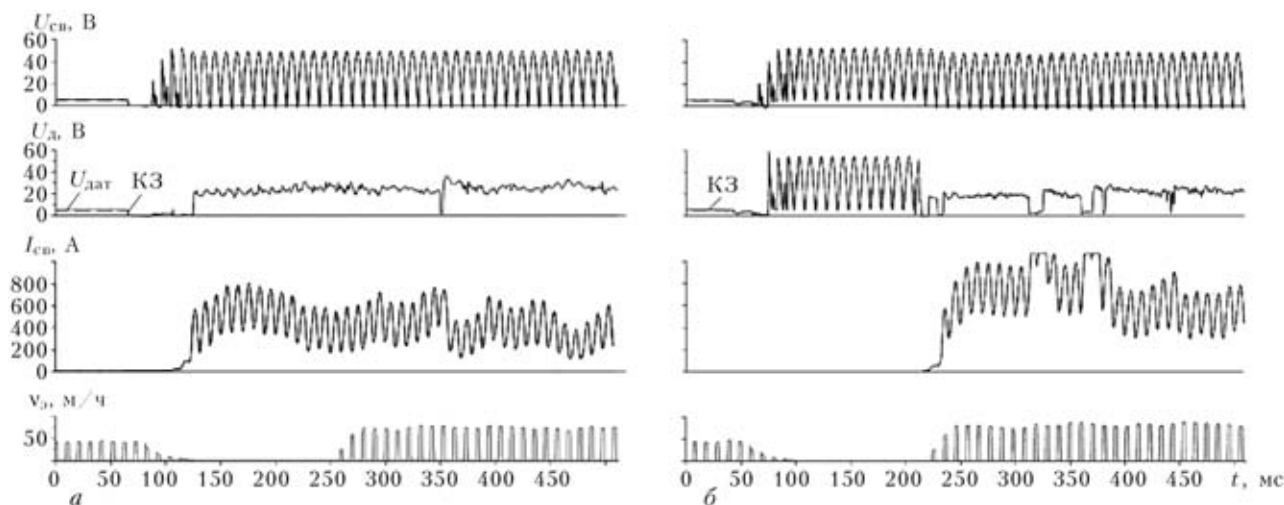


Рис. 3. Автоматическое управление зажиганием сварочной дуги под флюсом с помощью датчика касания электрода свариваемого изделия: *а* — идеальный процесс зажигания; *б* — задержка зажигания дуги из-за пленки флюса между торцом электрода и поверхностью свариваемого изделия

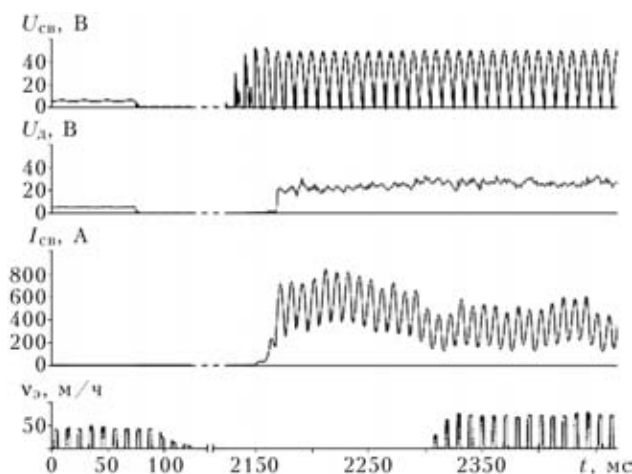


Рис. 4. Автоматическое управление зажиганием дуги с засыпкой флюса после остановки подачи электрода по команде датчика касания

двигатель подачи электрода на малой скорости. При КЗ электрода на изделие резко уменьшается напряжение на электроде (рис. 3, *а*). По этому сигналу двигатель останавливается, включается сварочный источник питания и с выдержкой времени около 200 мс снова включается двигатель подачи электрода, но уже на рабочей скорости.

К сожалению, при предварительно засыпанном в зоне сварки флюсе зажигание дуги происходит не всегда так гладко, как это представлено на рис. 3, *а*. Иногда между торцом электрода и поверхностью свариваемого изделия образуется тончайшая пленка флюса, которая, благодаря своей низкой электропроводности, ухудшает сигнал датчика КЗ и условия возбуждения дуги (рис. 3, *б*). Здесь датчик сработал исправно, но дуга зажглась не сразу после включения сварочного источника, а с заметным запаздыванием. В принципе возможна ситуация, когда из-за высокого сопротивления пленки флюса датчик может не сработать и двигатель не отключится, либо дуга не зажжется

вследствие слишком малого тока КЗ (это в основном касается только ЭШС вертикальных швов). При сварке под флюсом в процессе относительного перемещения сварочной головки и свариваемого изделия вероятность такого развития событий значительно снижается.

Ненадежное стартовое КЗ устраняется, когда засыпка флюса проводится после срабатывания датчика КЗ (рис. 4). Отличие от процессов, приведенных на рис. 3, заключается в значительном повышении надежности работы датчика КЗ, так как на его показания не влияет пленка флюса на поверхности свариваемого изделия. Характерной особенностью процесса является то, что ток возбуждения дуги оказывается даже меньше сварочного. Это является прямым следствием заострения торца электрода. Кроме того, имеет место некоторое повышение тока относительно его установленного значения сразу после возбуждения дуги. По-видимому, это вызвано относительно низким сопротивлением еще холодного вылета электрода и пониженным падением напряжения на дуге вследствие ее небольшой длины.

Таким образом, зажигание электрической дуги с первого касания проволоочным электродом свариваемого изделия для наведения шлаковой ванны при ЭШС происходит при выполнении следующих условий:

- заостренный конец электрода;
- надежный контакт электрода с токоподводящим наконечником;
- прекращение подачи электрода после его замыкания на свариваемое изделие;
- засыпка флюса после замыкания электрода на изделие;
- включение только после этого источника питания;
- включение подачи электрода для перехода к установившемуся процессу горения дуги с задер-

жкой 100...200 мс после включения сварочного источника.

Для автоматизации выполнения приведенного алгоритма разработан датчик КЗ и контроллер управления двигателем подачи электрода и сварочным источником.

1. *Новый способ электрошлаковой сварки* / Б. Е. Патон, Б. И. Медовар, А. Н. Сафонников и др. // Свароч. пр-во. — 1972. — № 7. — С. 16–17.
2. *Электрошлаковая сварка и наплавка* / Под ред. Б. Е. Патона. — М.: Машиностроение, 1980. — 511 с.
3. *Kavcic A. Vzig obluka pri varjenju pod praskom* // Varilna tehn. — 1987. — № 3. — S. 61–62.
4. *Striz D., Kucek L. Zapal'ovanie obluka pri zvarani pod tavivom* // Zvaranie. — 1989. — № 3. — S. 92–93.
5. *Суцук-Слюсаренко И. И., Лычко И. И.* Техника выполнения электрошлаковой сварки. — Киев: Наук. думка, 1974. — 96 с.
6. *Зажигание дуги при сварке плавящимся электродом (Обзор)* / В. А. Ленивкин, Г. Г. Кленов, Х. Н. Сагиров, Н. Г. Дюргеров // Автомат. сварка. — 1986. — № 2. — С. 30–34.
7. *Морозкин И. С.* Управление зажиганием сварочной дуги при механизированных видах сварки. — Ростов-на-Дону: Рост. гос. ун-т путей сообщения, 2003. — 174 с.
8. *Установление (возбуждение) процесса дуговой сварки плавящимся электродом* / В. А. Ленивкин, Х. Н. Сагиров, Р. Я. Докторский и др. // Свароч. пр-во. — 1982. — № 8. — С. 9–11.
9. *Ersoy U., Hu S. J., Kannatey E.* Observation of arc start instability and spatter generation in GMAW // Welding J. — 2008. — № 2. — P. 51–56.
10. *Zhu P., Rados M., Simpson S. W.* Theoretical prediction of the start-up phase in GMA welding // Ibid. — 1977. — № 7. — P. 269–274.
11. *Arc initiation in gas metal arc welding* / D. Farson, C. Courrardy, J. Talkington et al. // Ibid. — 1998. — № 8. — P. 315–321.
12. *А. с. 408729 СССР, МКИ В 23 К 9/6.* Устройство для автоматического возбуждения дуги при электрической сварке плавящимся электродом / Б. Е. Патон, А. И. Четвертко, Г. П. Иванов и др. — № 1006751/25-27; заявл. 11.10.71; опубл. 1973, Бюл. № 48.
13. *Четвертко А. И., Иванов Г. П., Порхун Б. В.* Новый способ возбуждения дуги при сварке под флюсом // Автомат. сварка. — 1973. — № 4. — С. 44–45.
14. *Dilthey U., Eichhorn F., Groten G., Matzner H.* Low-spatter ignition of the mig-welding arc. — [1990]. (Intern. Inst. of Welding; Doc. XII-1181–90).

Control of the electric arc ignition process for inducing the slag pool for ESW is described. Algorithm of contact ignition of the arc from the first touch of a workpiece by wire electrode is given. The sharpened electrode tip and feeding of voltage from the power source to the fixed electrode short-circuited to the workpiece are decisive conditions for reliable ignition of the arc. To transfer to the steady-state process, the electrode feed should be switched on with a lag after the arc ignition. Experimental data on the arc ignition process are given.

Поступила в редакцию 30.11.2010

III МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

МЕТАЛЛООБРАБОТКА ИНСТРУМЕНТ ПЛАСТМАССА

29 марта–1 апреля 2011

г. Киев, Украина

Организатор: ООО «Международный выставочный центр»

Тел.: +38044 201-11-65, 201-11-56, 201-11-58

e-mail: lilia@iec-expo.com.ua

www.tech-expo.com.ua



МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ РЕЗКИ И СВАРКИ EXPO 2011 (CWE'11)

6–8 мая 2011

г. Бомбей, Индия

Контакты: Kind Regards

Тел.: +9122 2839-8000; факс: +9122 2839-0502

www.cweonline.in