



## ДУГОВАЯ ТОЧЕЧНАЯ СВАРКА НАХЛЕСТОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ВЕРТИКАЛЬНОМ ПОЛОЖЕНИИ

Академик НАН Украины **Л. М. ЛОБАНОВ**, **А. Н. ТИМОШЕНКО**, канд. техн. наук, **П. В. ГОНЧАРОВ**, инж.  
(Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Разработана технология дуговой точечной сварки в вертикальном положении плавящимся электродом тонколистового металла без предварительной пробивки отверстий в наружном привариваемом листе. Регулирование параметров сварочных циклов позволяет обеспечить получение высококачественных точечных соединений.

*Ключевые слова:* сварка в защитных газах, точечные нахлесточные соединения, конструкционные стали, вертикальное положение

Технология дуговой точечной сварки (ДТС) находит применение в вагоно-, самолето-, судо-, автомобилестроении, сельскохозяйственном машиностроении, строительстве при сварке тонколистового металла. Технология ДТС позволяет обеспечить высокие производительность и качество выполняемых работ, экономить временные и материальные ресурсы. Преимуществом процесса является возможность получения качественных нахлесточных соединений при выполнении сварки как по отверстиям, так и без отверстий в свариваемых деталях, угловых и тавровых соединениях [1–7].

В вагоностроении преимущественно используется полуавтоматическая сварка в углекислом газе. Данный способ позволяет выполнять до 80% всех сварных швов, включая и дуговую точечную сварку. При изготовлении вагонов иногда возникает необходимость в осуществлении точечных соединений в вертикальном положении. Для снижения трудоемкости некоторые горизонтальные сварные швы, производимые на вертикальной плоскости, целесообразно выполнять ДТС.

При ДТС металла толщиной более 1,5 мм в вертикальном и потолочном положении рекомендуется делать отверстия в наружном привариваемом листе [1–3]. Учитывая, что ДТС осуществляется полуавтоматом путем включения-выключения подачи сварочной проволоки, качество и стабильность размеров получаемых точечных швов определяются квалификацией сварщика. Кроме того, при выполнении ДТС на вертикальной плоскости необходимо преодолеть затруднения, связанные с удержанием металла расплавленной ванны. Независимо от квалификации сварщика получение качественных швов можно достичь программированием режимов сварки. Су-

ществующие оборудование и технология не всегда обеспечивают достаточную стабильность параметров режима сварки и, как следствие, получение точечных швов заданных размеров в соответствии с ГОСТ 14776–79 [8]. Возможные отклонения могут быть причиной снижения качества соединений. В некоторых сварочных источниках существует возможность программирования продолжительности цикла сварки (скорость подачи сварочной проволоки обычно не программируется).

В работе поставлена задача получения качественных точечных соединений в вертикальном положении листового металла без предварительной пробивки отверстий в наружном привариваемом листе. Решение данной задачи сопряжено с затруднениями, связанными с удержанием расплавленного металла сварочной ванны, а также с обеспечением надежного возбуждения дуги в начальный период.

Для выполнения поставленной задачи разработали опытную установку для ДТС в углекислом газе в вертикальном положении (рис. 1), в состав которой входят: источник сварочного тока ВДУЧ-500, механизм подачи сварочной проволоки ПДГ-500-4, специализированный блок управления, сва-

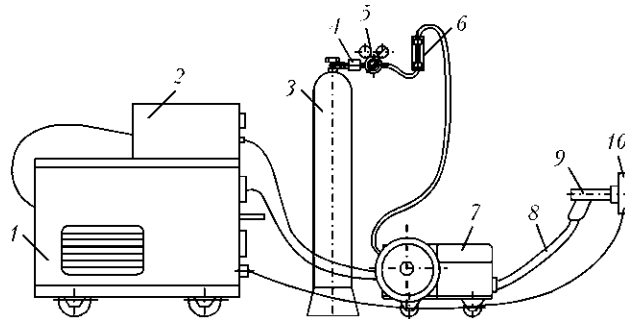


Рис. 1. Схема установки для ДТС в вертикальном положении: 1 — источник сварочного тока; 2 — блок управления ДТС; 3 — баллон с углекислым газом; 4 — предредукторный осушитель; 5 — редуктор; 6 — расходомер газа; 7 — механизм подачи электродной проволоки; 8 — гибкий кабель-шланг; 9 — сварочная горелка; 10 — изделие

ручная горелка со специализированным соплом, а также рычажный прижим, обеспечивающий устранение зазора между привариваемыми деталями.

Отличительной особенностью процесса ДТС является разделение сварочного цикла на этапы, отличающиеся по своему технологическому назначению и параметрам режима сварки [3, 5]. Сварочный цикл без предварительной пробивки отверстий в наружном привариваемом листе осуществляется по следующим этапам:

нагрев поверхности наружной привариваемой детали;

прожог наружной привариваемой и проплавление второй детали. При этом в привариваемой детали образуется отверстие и создается частичное проплавление второй;

заполнение расплавленным электродным металлом образовавшегося отверстия;

заварка кратера в формируемом точечном шве.

ДТС в вертикальном положении на режимах, используемых при выполнении точечных соединений в нижнем положении, не дало положительных результатов. Сварные точки имели ряд существенных дефектов, таких как неполное заполнение сварочной ванны электродным металлом из-за его стекания, образование наплывов вытекшего металла, подрезы (рис. 2).

Повторяемость сварных точек оказалась низкой ввиду существенного влияния следующих факторов:



Рис. 2. Точечное соединение, полученное в вертикальном положении на режимах, используемых при ДТС в нижнем положении

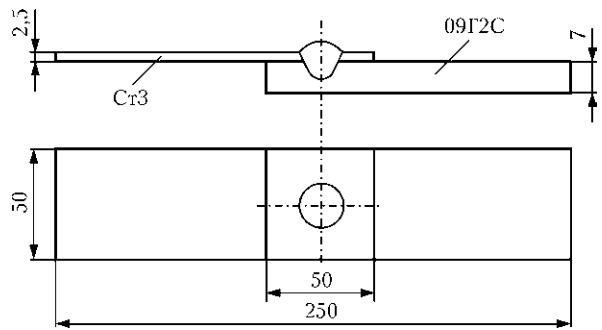


Рис. 3. Схема опытного образца

различных условий возбуждения дуги, обусловленных разным размером капель электродного металла, застывающих на конце сварочной проволоки после каждого сварочного импульса;

большого тепловложения в сварное соединение: расплавленный металл вытекает из сварочной ванны;

влияние зазора между привариваемыми деталями и расхода защитного газа на внешний вид и качество точечного соединения;

формы наконечника сварочной горелки;

стабильности подачи сварочной проволоки: возможность проскальзывания проволоки приводит к неточности дозирования наплавочного металла при формировании сварной точки;

наличия различных загрязнений на поверхности свариваемых деталей.

При отработке технологии ДТС в вертикальном положении точки выполняли на опытных образцах (рис. 3) проволокой сплошного сечения Св-08Г2С диаметром 1,6 мм в защитном газе  $CO_2$ .

Для обеспечения регулирования тепловложения при выполнении точечного сварного соединения в программу изменения параметров режима сварки в нижнем положении введены временные паузы между сварочными импульсами. Программа изменения параметров режима сварки, приведенная на рис. 4, обеспечила порционное внесение

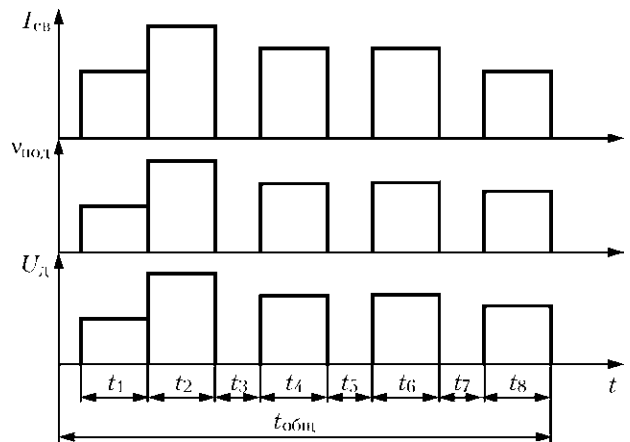


Рис. 4. Программа изменения параметров режима сварки при ДТС в вертикальном положении:  $t_1...t_8$  — длительности импульсов и пауз;  $t_{общ}$  — общее время цикла ДТС



металла в сварочную ванну путем чередования сварочных циклов, а также надежное возбуждение сварочной дуги. Необходимость обеспечения надежного возбуждения дуги объясняется тем, что при сварке плавящимся электродом дуга не всегда начинает гореть с первого касания и это оказывает существенное влияние на выполнение запрограммированного режима сварки точечного шва.

Обеспечение стабильного возбуждения дуги при ДТС достигается снижением скорости подачи сварочной проволоки в начальный момент сварки (период времени  $t_1$ ). При соответствующих скоростях подачи проволоки конец электрода успевает нагреться и расплавиться, увеличивая вероятность возбуждения дуги. При больших скорос-

тях подачи проволоки стабильность возбуждения дуги значительно снижается.

Путем чередования сварочных импульсов и пауз, а также регулирования их длительности обеспечивается порционное тепловложение в сварочную ванну, что позволяет получить оптимальный термический цикл, получение более благоприятной структуры и свойств металла шва. В перерыве между сварочными циклами происходит остывание шва, что предотвращает вытекание расплавленного металла из сварочной ванны и обеспечивает удовлетворительное формирование сварочной точки. При этом задаются длительности импульсов, паузы между импульсами и сварочный ток, что позволяет сформировать окончательный объем сварной точки и ее внешнюю поверхность. Напряженное состояние, как отмечено в работах [4, 7], при циклическом тепловложении в сварное соединение значительно ниже, чем при сварке, выполненной на режиме без пауз между импульсами, или на режиме без импульсов. В зависимости от цикла ДТС, толщины соединяемых деталей и диаметра электродной проволоки параметры режима ДТС могут изменяться в широком диапазоне.

Прожоги первой (привариваемой) детали с образованием отверстия, а также частичное проплавление второй осуществляется за цикл  $t_2$ . В этот период сварка выполняется на повышенных режимах.

Сварочные циклы в период времени  $t_4$  и  $t_6$  обеспечивают заполнение образовавшегося отверстия после сварочного цикла в период времени  $t_2$ , и формирование сварной точки. Первый цикл продолжительностью  $t_4$  осуществляется таким образом, чтобы получить 50...60 % объема наплавленного металла сварной точки. Выполнение второго цикла (продолжительностью  $t_6$ ) позволяет сформировать окончательный объем сварной точки. В периоды времени  $t_3$ ,  $t_5$ ,  $t_7$  (длительность пауз между сварочными циклами) происходит остывание наплавленного металла шва, длительность пауз устанавливается таким образом, чтобы за этот период времени кристаллизовался наплавленный объем металла. Заварка кратера и формирование внешнего вида происходит на последнем сварочном цикле (временной интервал  $t_8$  схемы изменения режима сварки).

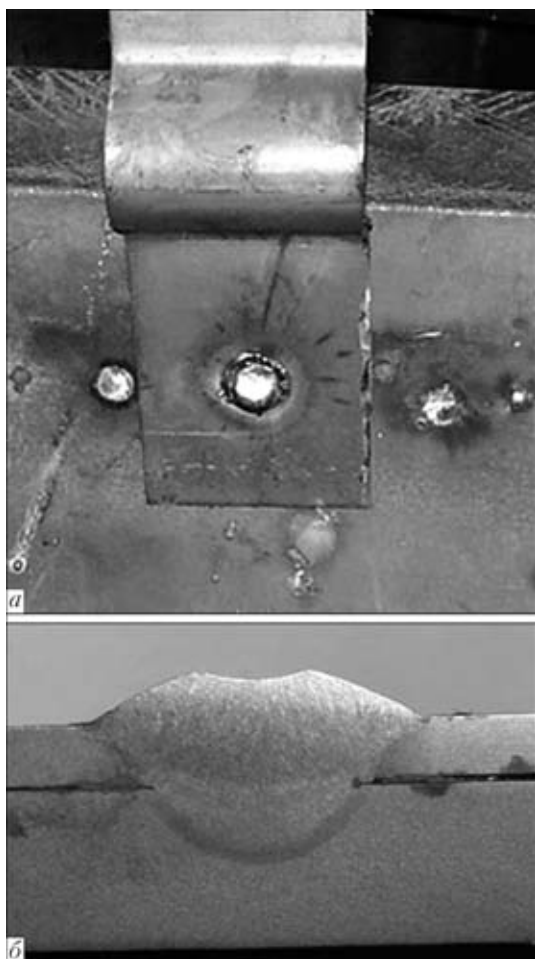


Рис. 5. Внешний вид сварного точечного соединения, полученного ДТС в вертикальном положении (а) и его макрошлиф (б)

#### Режимы дуговой точечной сварки пластин толщиной 2,5+7 мм

Сварочные циклы	$U_{св}$ , В	$I_{св}$ , А	$v_{св}$ , М/ч	$t_{св}$ , с	$t_{пауз}$ , с
$t_1$	26...28	180...2200	100...120	0,4...0,5	—
$t_2$	40...42	450...500	280...300	1...1,3	$t_3 = 1,5...2$
$t_4$	28...30	230...250	140...160	0,8...1,0	$t_5 = 1...1,5$
$t_6$	28...30	230...250	140...160	0,8...1,0	$t_7 = 0,5...1$
$t_8$	24...26	170...190	100...120	0,5	—

Подбор оптимальных режимов ДПС проводили на образцах путем изменения напряжения на дуге, установки оптимальной скорости подачи сварочной проволоки на каждый сварочный цикл, оптимизации длительности каждого сварочного цикла и пауз между ними. Сварочные режимы приведены в таблице.

На качество и размеры точечных швов большое влияние оказывает длительность каждого цикла и стабильность сварочных параметров. Представленные режимы обеспечивают получение высококачественных точечных соединений, что подтверждают и результаты металлографических исследований. Как показано на рис. 5, точечное соединение имеет качественный внешний вид, наплывы вытекшего металла отсутствуют. Макрошлиф подтверждает отсутствие подрезов и дефектов типа пор, трещин и шлаковых включений. Глубина проплавления составила 3,5 мм, диаметр ядра сварной точки — 8 мм.

Как показали результаты исследований, прочность сварной точки зависит от толщины металла и диаметра ядра сварного точечного соединения, а также зазора между свариваемыми деталями. Наличие зазора, превышающего 0,5 мм, может вызвать вытекание расплавленного металла в зазор и, как следствие, привести к получению дефектного соединения. Испытания на срез образцов с диаметром ядра сварной точки 7...9 мм в случаях, когда зазоры между свариваемыми деталями не превышали 0,5 мм, показали, что разрывное усилие составляет  $\frac{19000...32000}{27000}$  Н, что

является достаточным для обеспечения работоспособности точечного соединения.

Таким образом, путем регулирования параметров сварочных циклов при ДТС тонколистового металла в вертикальном положении обеспечивается получение высококачественных точечных соединений, которые могут найти применение при изготовлении каркасных конструкций современных грузовых и пассажирских вагонов.

1. *Воропай Н. М.* Особенности процессов дуговой точечной сварки в защитных газах (Обзор) // Автомат. сварка. — 2004. — № 7. — С. 28–33.
2. *Потаповский А. Г.* Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Ч.1. Сварка в активных газах. — 2-е изд., перераб. — Киев: Экотехнология, 2007. — 192 с.
3. *Особенности дуговой точечной сварки плавящимся электродом в углекислом газе / В. И. Терещенко, А. Н. Шаровольский, К. А. Сидоренко и др.* // Автомат. сварка. — 1983. — № 9. — С. 51–53.
4. *Аснис А. Е., Андрущенко С. В., Юшкевич З. В.* Влияние напряженного состояния на коррозионную стойкость соединений, выполненных дуговой точечной сваркой // Там же. — 1986. — № 8. — С. 1–3.
5. *Ткаченко А. Н., Воскресенский А. С.* Применение дуговой точечной сварки при изготовлении кузовов вагонов // Там же. — 2005. — № 12. — С. 26–28.
6. *Сопроотивление коррозионной усталости нахлесточных соединений, выполненных дуговой точечной сваркой / В. С. Татаринцев, В. И. Терещенко, Е. Т. Иорш, Л. Ш. Ольгард* // Там же. — 1986. — № 7. — С. 46–48.
7. *Крылов С. В., Аснис А. Е.* Повышение ударной прочности соединений, выполненных дуговой точечной сваркой // Там же. — 1983. — № 7. — С. 17–18, 34.
8. *ГОСТ 14776–79.* Дуговая сварка. Соединения сварные точечные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. — Введ. 01.07.80.

The technology for vertical spot metal-arc welding of sheet metal without preliminary piercing of holes in the external sheet has been developed. Adjustment of parameters of the welding cycles allows producing the high-quality spot joints.

Поступила в редакцию 17.07.2008

## СВАРКА — 2009

**Международная специализированная выставка в рамках международной специализированной выставки**

**МАШИНОСТРОЕНИЕ ♦ СТАНКИ ♦ ИНСТРУМЕНТ**

23–26 июня 2009

ЗАО «Нижегородская ярмарка»  
г. Нижний Новгород

Организатор: ЗАО «Нижегородская ярмарка»

Тел.: (831) 277 54 96, 277 55 89;

Факс: (831) 277 55 86, 277 54 89

E-mail: [kaa@yarmarka.ru](mailto:kaa@yarmarka.ru); <http://www.yarmarka.ru>