

УДК 621.791

В. П. Сидоров, М. А. Абрамова

Тольяттинский государственный университет,

г. Тольятти

РАСЧЕТ ПРОВАРА ПРИ СВАРКЕ В CO₂

Приводится анализ данных по изменению провара при сварке в CO₂ при изменении полярности дуги и количества источников тепла. Получены продольные профили расчетных сварочных ванн и поперечные сечения сварочного шва по трем вариантам. Установлено, что два соосно расположенных источника тепла с нормально-круговым распределением теплового потока теоретически обеспечивают больший провар при сварке, чем один источник удвоенной мощности. Преобладающую роль в проваре дугой обратной полярности играет мощность, передаваемая от катодной области дуги.

Ключевые слова: *сварка в CO₂, провар, прямая и обратная полярности дуги.*

V. P. Sidorov, M. A. Abramova

CALCULATION FUSION PENETRATION AT WELDING IN CO₂

The analysis of data on the change in the penetration welding in CO₂ when the polarity of the arc and the number of heat sources. Obtained longitudinal sections settlement welding baths and cross-sections of the weld on the three options. It was found that the two coaxial heat source normally circular distribution of the heat flow is theoretically provide greater penetration in welding than twice the power of a single source. Predominant role in boil arc reverse polarity plays a power transmitted from the cathode region of the arc.

Keywords: *Welding in CO₂, fusion penetration, straight and reverse polarity arc.*

Сварка в CO₂ плавящимся электродом преимущественно ведется дугой обратной полярности. Проплавляющая способность такой дуги значительно выше, чем при сварке неплавящимся вольфрамовым электродом в среде аргона. В последнем случае, согласно ГОСТ–14771, сварка с двух сторон предусмотрена для толщин до 6 мм. При сварке плавящимся электродом такая толщина ограничена 12 мм.

Более высокую проплавляющую способность дуги при сварке плавящимся электродом отчасти можно объяснить более высоким

эффективным КПД дуги, обусловленной передачей мощности, переносимой жидком электродным металлом, изделию. С этой точки зрения проплавливающая способность сварочной дуги с плавящимся электродом не должна зависеть от полярности дуги, так как сумма мощностей, выделяемых на электроде и изделии из близких металлов, не зависит от полярности. Однако на практике при сварке плавящимся электродом провар существенно выше на изделии-катоде. Для оценки соотношения проваров используют эмпирические коэффициенты, зависящие от марки сварочного флюса и диаметра электрода [1]. Наиболее неясной является ситуация при сварке покрытыми электродами.

В работе [2], на основе экспериментов с использованием источника питания дуги под флюсом с разнополярными импульсами тока, объяснили разницу проваров на прямой и обратной полярностях, влиянием толщины прослойки жидкого металла в сварочной ванне. По мнению авторов, при сварке на обратной полярности меньше производительность расплавления электрода, меньше толщина жидкой прослойки в сварочной ванне и, вследствие этого, выше провар. При прямой полярности тока дуги имеет место обратная картина.

На это можно возразить то, что на обратной полярности больше провар изделия от действия катодной области дуги и жидкая прослойка по этой причине также увеличивается. В любом случае ее величина не должна зависеть от полярности дуги.

В работе [3] был выполнен анализ данных работы [2] с использованием имеющихся в литературе сведений по мощностям, выделяемым в приэлектродных областях дуги. В результате было показано, что мощность, передаваемая изделию электродным металлом, оказывает на проплавление изделия в несколько раз меньшее влияние, чем мощность, выделяемая в приэлектродной области дуги на изделии. В работе [4] также на основе анализа работы [2] показано, что площадь поперечного сечения шва незначительно изменяется при переходе с обратной полярности на прямую. При этом существенно изменяется соотношение площадей основного и наплавленного металлов.

Явление различия провара в зависимости от полярности дуги можно объяснить различной концентрацией мощности, выделяемой на изделии приэлектродной областью дуги и жидким металлом с электрода. В таком случае применение для расчета температур классического подхода по эффективной мощности дуги, рассчитанной с помощью эффективного КПД проблематично. Иначе говоря, при расчете проплавления изделия при сварке плавящимся электродом необходимо опробовать расчетную схему двух источников тепла с различной плотностью тепловых потоков.

Впервые подобный подход был предложен В. И. Столбовым применительно к сварке неплавящимся электродом [5]. Им установлено, что плазменные потоки, создаваемые дугой, могут переносить до 40 % общей эффективной мощности и оказывать влияние на глубину проплавления и его форму. Однако подробных исследований по проверке данной гипотезы впоследствии выполнено не было. Одним из затруднений в развитии такого подхода являлось отсутствие методики определения мощности, создаваемой и переносимой плазменными потоками дуги к изделию.

Для сварки плавящимся электродом составляющие эффективной мощности могут быть определены на основании данных о скоростях плавления электрода и приэлектродных падениях напряжения дуг.

Для оценки перспективности методики двух источников тепла были выполнены расчеты для двусторонней сварки плавящимся электродом в CO_2 пластин толщиной 6,5 мм. Режимы сварки дугой обратной полярности взяты из работы [6]. Диаметр электродной проволоки – 1,6 мм, ток – 280–300 А, напряжение дуги – 28–30 В, скорость сварки – 30–35 м/ч. Полная мощность дуги $P_d = 8410$ Вт.

Провар должен составлять примерно 0,5 толщины +1 мм. Таким образом, для толщины 6,5 мм ориентировочное опытное значение провара – 4,3 мм.

При расчете эффективной мощности принимали эффективный КПД дуги $\eta_n = 0,8$. Тогда эффективная мощность дуги

$$q_n = 8410 \cdot 0,8 = 6728 \text{ (Вт)}.$$

При расчетах использовали схему движущегося нормально-кругового источника тепла на поверхности плоского слоя [7]. Для двух источников тепла при расчете температур принимался метод суперпозиций и была разработана специальная компьютерная программа. Помимо расчета провара программа определяла вклад каждого источника в температуру плавления. При этом погружение активного пятна дуги в металл не учитывалось, так как использовался минимальный ток дуги со сравнительно низким давлением. Теплофизические свойства принимались для низкоуглеродистой стали следующими: коэффициент температуропроводности $a = 0,08 \text{ см}^2/\text{с}$, объемная теплоемкость, $C_v = 5,0 \text{ Дж}/(\text{см}^3 \cdot ^\circ\text{C})$. Вольтов эквивалент катодной области принимался $12,3 \text{ Вт/А}$.

Следовательно, мощность, вводимая катодной областью в изделие

$$P_k = 12,3 \cdot 290 = 3580 \text{ (Вт)}.$$

Остальная часть эффективной мощности дуги вводится в изделие жидким металлом и плазменными потоками. Ее можно оценить

$$P_{\text{ж}} = P_{\text{д}} - P_{\text{к}} = 6728 - 3580 = 3148 \text{ (Вт)}.$$

Таким образом, в данном случае мощности двух источников тепла достаточно близки. Значения осевых тепловых потоков принимали ориентировочно на основе данных работы [7]. Для катодной области дуги осевой тепловой поток принимался 4200 Вт/см^2 , для второго источника – 3000 Вт/см^2 . Условный диаметр пятна нагрева катодной области составил $1,8 \text{ см}$, коэффициент сосредоточенности теплового потока – $3,68 \text{ см}^{-2}$. Для второго источника эти значения составили соответственно $2,0 \text{ см}$ и $2,99 \text{ см}^{-2}$.

По второму варианту расчет проводился для прямой полярности тока дуги. В этом случае мощность анодной области дуги на изделии принималась из расчета вольтова эквивалента 5 Вт/А и составила 1450 Вт . Мощность электродного металла и столба дуги, передаваемая изделию, составила 5278 Вт . Осевой тепловой поток для анодной области был также принят 4200 Вт/см^2 , а для электродного металла – 3000 Вт/см^2 .

По третьему варианту расчет производился путем определения эффективной мощности одного источника тепла с помощью эффективного

КПД. Эффективная мощность, как уже указывалось, была принята 6728 Вт. Плотность теплового потока такого источника также 4200 Вт/см^2 .

Действие источников по первому и второму вариантам предполагалось соосным.

На рис. 1 представлены расчетные продольные профили проваров для трех вариантов расчетов. Ось X направлена в данном случае противоположно скорости сварки.

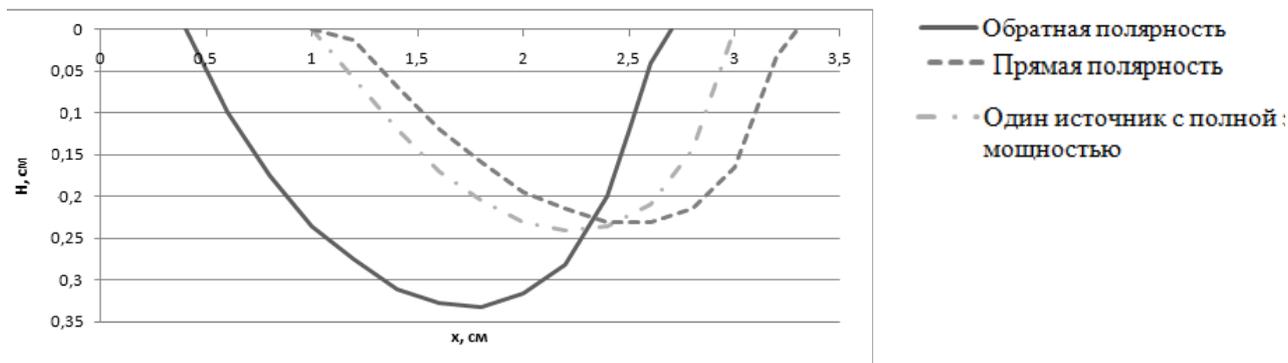


Рис. 1. Продольные профили расчетных сварочных ванн по трем вариантам

При такой методике расчета провар на обратной полярности оказался выше на 35 %, чем на прямой. Провар, рассчитанный с помощью эффективного КПД, практически одинаков с проваром для прямой полярности тока. Из анализа профилей на рис. 2 следует, что преобладающую роль в проваре дугой обратной полярности играет, несмотря на близкое значение эффективных мощностей, мощность, передаваемая от катодной области дуги. На прямой полярности мощность приэлектродной области снижается более чем в два раза, а повышения мощности жидкого электродного металла недостаточно, чтобы компенсировать это.

Интересным представляется то, что два распределенных источника с одинаковой суммарной мощностью дают больший провар, чем один источник. Значения расчетных проваров для двух источников тепла, имитирующих обратную полярность дуги, находятся близко к половине толщины пластины. Это свидетельствует о качественно правильном выборе основных параметров расчета. В дальнейшем параметры двух источников тепла должны уточняться.

Выводы:

1. Расчетная схема с двумя источниками тепла, описывающими введение в изделие мощности приэлектродной области дуги и жидкого электродного металла, перспективна для расчета провара при сварке.

2. Два соосно расположенных источника тепла с нормально-круговым распределением теплового потока теоретически обеспечивают больший провар при сварке, чем один источник удвоенной мощности.

Список литературы

1. Акулов А. И., Бельчук Г. А., Демянцевич В. П. Технология и оборудование сварки плавлением. – М. : Машиностроение, 1977. – 432 с.

2. Влияние рода и полярности тока на плавление электродного и основного металла при сварке под флюсом / Н. В. Коберник [и др.] // Сварка и диагностика. – 2011. – № 5. – С. 24–27.

3. Сидоров В. П. Влияние рода и полярности тока на плавление электродного и основного металла при сварке под флюсом // Сварка и диагностика. – 2013. – № 3. – С. 20–23.

4. Сидоров В. П., Борисов Н. А. Критерий проплавления способности дуги при сварке // Сварка и диагностика. – 2013. – № 6. – С. 24–27.

5. Столбов В. И. Сварочная ванна. – Тольятти : ТГУ, 2007. – 147 с.

6. Оборудование для дуговой сварки : справочное пособие/ под ред. В. В.Смирнова. – Л. : Энергоатомиздат //Ленинградское отделение, 1986. – 656 с.

7. Сидоров В. П., Семистенов Д. А. Математическое моделирование геометрии шва при сварке конструкционных сплавов и биметаллов. – Тольятти: ТГУ, 2009. – 175 с.