ВОПРОСЫ СВАРКИ, МЕТАЛЛОВЕДЕНИЯ И ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

УДК 621.791

DOI: 10.35211/1990-5297-2021-4-251-69-71

*А. В. Савинов, О. А. Полесский, А. А. Чудин, П. П. Красиков
Л. С. Красикова, В. В. Филиппов, Д. А. Муругов*

ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС МАЛОАМПЕРНОЙ ДУГИ С НЕПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ*

Волгоградский государственный технический университет

e-mail: svarka-nv@vstu.ru

В работе исследован тепловой баланс малоамперной дуги. Показаны зависимости теплового потока в катод и анод от величины тока, диаметра и вылета неплавящегося электрода, длины дугового промежутка.

Ключевые слова: малоамперная дуга, катод, анод, тепловой поток.

*A. V. Savinov, O. A. Polesskiy, A. A. Chudin, P. P. Krasikov
L. S. Krasikova, V. V. Filippov, D. A. Murugov*

THERMAL BALANCE OF LOW AMPERE ARC WITH A NON-CONSUMABLE ELECTRODE

Volgograd State Technical University

The work investigates the thermal balance of a low ampere arc. The dependences of the thermal flow in the cathode and anode on the amperage, the diameter of the non-consumable electrode and the length of the arc gap are shown.

Keywords: low ampere arc, cathode, anode, thermal flow.

Процессы в приэлектродных областях электрической дуги в значительной мере определяют ее свойства: особенности возбуждения и развития разряда, его физическую и пространственную устойчивость, энергетические и технологические характеристики. Особую значимость для сварочной дуги имеют процессы, протекающие в катодной области, определяющие не только возможность существования разряда, но и применимость в конкретных условиях сварки [1].

К настоящему времени наиболее полно исследован тепловой баланс дуги постоянного тока с вольфрамовым электродом-катодом и медным водоохлаждаемым анодом в диапазоне токов от 20 до 200 А [2–4]. В большинстве случаев тепловой поток в катод (т.е. в вольфрамовый электрод) в несколько раз меньше теплового потока в анод. Удельный тепловой по-

ток (на 1 А тока дуги) в катод уменьшается с ростом тока, изменяясь в пределах от 6 до 1 Вт/А [1], причем его значение оказывается меньше при меньшем диаметре электрода, а также при использовании в качестве его материала торированного вольфрама вместо чистого.

Анализ данных по тепловому балансу дуги позволяет не только определить оптимальные условия применения дуги для сварки, но и наметить пути повышения тепловой эффективности процесса [5].

Для экспериментального исследования теплового баланса малоамперной дуги с неплавящимся электродом применялась методика, описанная в работе [2]. Особенность ее заключается в том, что величина теплового потока рассчитывается по разности температур ΔT на базовом участке медного стержня – своеобразного датчика теплового потока (рис. 1):

© Савинов А. В., Полесский О. А., Чудин А. А., Красиков П. П., Красикова Л. С., Филиппов В. В., Муругов Д. А., 2021.

* Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 0637-2020-0006).

$$W_{a, k} = \frac{\lambda_m}{h_m} \cdot \frac{\pi d_m^2}{4} \cdot \Delta T, \quad (1)$$

где $W_{a, k}$ – тепловой поток в анод или катод; λ_m – коэффициент теплопроводности меди; d_m – диаметр медного стержня-датчика; h_m – длина базового участка стержня-датчика.

Рис. 1. Схема лабораторного стенда для измерения теплового потока в анод: 1 – электрод; 2 – медный анод; 3 – узел охлаждения анода

На энергетический баланс малоамперной дуги в аргоне оказывают влияние диаметр электрода d_b , величина его вылета L_b и ток дуги I_d . С ростом тока увеличивается доля тепла, поступающего в анод (в общей мощности дуги) и уменьшается катодная доля (рис. 2). Изменение диаметра электрода d_b не влияет на характер этих зависимостей, однако абсолютные значения тепловых потоков в анод (рис. 3) и, особенно, в катод (рис. 4) существенно увеличиваются с ростом d_b . Влияние вылета электрода на тепловые характеристики дуги заметно при малых значениях L_b (до 3–5 мм) и стано-

Рис. 2. Изменение теплового баланса малоамперной дуги в зависимости от величины тока I_d : $d_b = 0,3$ мм, $L_b = 2$ мм, $L_d = 2$ мм, $Q_r = 5$ л/мин

вится малозаметным при больших его величинах. Объяснить этот факт можно изменением соотношения составляющих отвода тепла в тепловом балансе рабочего участка электрода. При малых значениях L_b с его увеличением быстро уменьшается интенсивность охлаждения рабочего участка электрода теплопроводностью, следствием чего является уменьшение величины W_k , необходимой для разогрева катода до нужной температуры. При дальнейшем увеличении L_b существенную роль начинают играть тепловыделение на омическом сопротивлении вылета электрода и отвод тепла излучением.

Рис. 3. Изменение мощности теплового потока в анод W_a малоамперной дуги: $d_b = 0,16$ мм (1), 0,2 мм (2), 0,3 мм (3) и 0,5 мм (4); $L_b = 1$ мм; $Q_r = 5$ л/мин

Рис. 4. Влияние величины тока I_d на мощность теплового потока в электрод-катод W_k малоамперной дуги: $d_b = 0,16$ мм (1); 0,2 мм (2); 0,3 мм (3) и 0,5 мм (4) ($L_b = 2$ мм, $L_d = 2$ мм, $Q_r = 5$ л/мин)

Изменение длины дуги практически не сказывается на абсолютной величине теплового потока в анод (рис. 5), что свидетельствует о незначительном влиянии энергии столба малоамперной дуги на тепловое состояние анода.

Величина удельного теплового потока (на 1 А тока) в анод малоамперной дуги с ультратонким электродом заметно больше, чем у «обычной» дуги, и превышает 9 Вт/А, причем в случае электрода диаметром 0,16 мм она составляет 12 ... 15 Вт/А (в диапазоне токов 1 ... 2 А). Объясняется это, тем, что у малоамперной дуги анодное падение напряжения выше обычного.

Рис. 5. Мощность теплового потока в анод W_a в зависимости от длины дуги L_d :
1 – $I_d = 2,95 \dots 3$ А, 2 – $I_d = 4,5 \dots 4,9$ А; $d_v = 0,3$ мм,
 $L_a = 4$ мм, $Q_r = 5$ л/мин

Удельный тепловой поток в катод малоамперной дуги с ультратонким электродом (рис. 4) уменьшается с ростом тока от 7,5 до 1,1 Вт/А (для электрода диаметром 0,3 мм), т. е. находится примерно в тех же пределах, что и для дуги при существенно больших значениях тока.

Нагрев анода конвективным путем, т. е. за счет теплопередачи от потока плазмы, как показали опыты, несущественен. Об этом свидетельствует тот факт, что трехкратное увеличение расхода аргона практически не повлияло на эффективность нагрева металла малоамперной дугой. Не сказывается существенно изменение расхода аргона и на тепловом потоке в неплавящийся электрод, если длина вылета последнего не превышает 2–3 мм.

Таким образом, тепловые характеристики малоамперной дуги с ультратонким вольфрамовым электродом в качественном отношении мало отличаются от аналогичных характеристик «обычной» дуги. Некоторые количественные отличия их обусловлены особенностями существования малоамперного дугового разряда и зависимостью их от диаметра электродов. При этом удельный тепловой поток в анод от малоамперной дуги существенно выше, что говорит о более высокой эффективности нагрева свариваемого металла и хороших перспективах применения для сварки ультратонких неплавящихся электродов.

Выводы

1. Тепловые характеристики малоамперной дуги с ультратонким вольфрамовым электродом в качественном отношении мало отличаются от аналогичных характеристик «обычной» дуги.
2. Удельный тепловой поток в анод от малоамперной дуги существенно выше, что говорит о более высокой эффективности нагрева свариваемого металла.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Савинов, А. В. Дуговая сварка неплавящимся электродом / А. В. Савинов, И. Е. Лапин, В. И. Лысак. – М. : Машиностроение, 2011. – 477 с.
2. Косович, В. А. Повышение эффективности нагрева металла при аргонодуговой сварке вольфрамовым электродом / В. А. Косович, А. И. Маторин, В. С. Седых // Сварочное производство. – 1981. – № 3. – С. 29–30.
3. Косович, В. А. Технологические особенности сварки малоамперной дугой с ультратонким вольфрамовым электродом / В. А. Косович, И. Е. Лапин, О. А. Русол // Сварочное производство. – 1999. – № 1. – С. 15–17.
4. Моррис, А. Исследование дуги постоянного тока. Получение и исследование высокотемпературной плазмы / А. Моррис. – М. : Иностран. лит., 1962. – С. 152–163.
5. Лапин, И. Е. Неплавящиеся электроды для дуговой сварки / И. Е. Лапин, В. А. Косович. – Волгоград : Политехник, 2001. – 190 с.