

Литература.

1. Kuznetsov M.A., Zernin E.A., Danilov V.I., Karzev D.S. Application of nanostructured powders to control characteristics of electrode metal transfer and the process of weld structurization // Applied Mechanics and Materials. – 2013. – Vol. 379. – P. 199-203.
2. Chinakhov D.A. Calculation of gas-dynamic impact of the active shielding gas on the electrode metal drop in gas jet shielded welding // Applied Mechanics and Materials. – 2013. – Vol. 379. – P. 188-194.
3. Крампит Н. Ю., Крампит А. Г. Процесс сварки с комбинированной двухслойной защитой // Ремонт восстановление и модернизация. – 2011. – №2. – С. 16-18.
4. Сидоренко П. Ю., Рыжов Р. Н. Использование импульсных электромагнитных воздействий для управления процессом переноса электродного металла при дуговой сварке // Автоматическая сварка. – 2010. – №6. – С. 52-53.
5. Chang Yunlong, Che Xiaoping, He Youyou, Ni Guangxu. Influence of longitudinal magnetic field on metal transfer in MIG arc welding // China Weld. – 2008. Vol. 17, № 2. – P. 27-31.
6. Лебедев В. А. Некоторые особенности дуговой механизированной сварки алюминия с управляемой импульсной подачей электродной проволоки. // Сварочное производство. – 2007. – №11. – С. 26-30.
7. Pavlov N.V., Kryukov A.V., Zernin E.A. Distribution of temperature fields in welding in a gas mixture with pulsed electrode wire feed // Welding International. – 2012. – Vol. 26, Issue 6. – P. 483-484.
8. Крюков А. В., Павлов Н. В., Зеленковский А. А. Особенности сварки с импульсной подачей электродной проволоки // Сварочное производство. – 2013. – №5. – С. 37-39.
9. Новиков О. М., Радько Э. П., Иванов Е.Н. Разработка новой технологии дуговой сварки в защитных газах на основе применения пульсации газовых потоков и потенциалов ионизации
10. Тазетдинов Р. Г., Новиков О. М., Персидский А. С. Дуговая сварка в защитных газах с попеременной импульсной подачей разнородных газов // Сварочное производство. – 2012. – №1. – С. 38-42.
11. Дюргеров Н. Г., Сагиров Д. Х. Определение свойств дуги при импульсных процессах сварки // Сварочное производство. – 2004. – №4. – С. 14-18.
12. Патон Б. Е., Шейко П. П., Жерносеков А. М. Стабилизация процесса импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом // Автоматическая сварка. – 2003. – №8. – С. 3-6.
13. Князьков А. Ф., Крампит Н. Ю., Крампит А. Г. Исследование процесса переноса электродного металла при импульсном питании сварочной дуги // Технология металлов. – 2005. – №7. – С. 18-21.
14. Krampit A. Welding with double modulation of the main welding parameters // Welding International. – 2012. – Vol. 26, Issue 11. – P. 867-869.
15. Крампит Н.Ю., Крампит А.Г. Анализ свойств защитных сред при сварке плавящимся электродом. // Сварка в Сибири. – №2. – 2005г.– С. 63-65.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НАГРЕВА ПРОВОЛОКИ ПРИ ИМПУЛЬСНО-ДУГОВОЙ
СВАРКЕ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИМ МЕТОДОМ**

А.Г. Крампит, к.т.н., доцент, М.А. Крампит, студент

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского

Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26

E-mail: savage_jawa@mail.ru

Введение

Одной из значимых проблем механизированной сварки в среде CO_2 является большие потери металла на угар и разбрызгивание, что так же повышает трудоемкость дальнейшей механической обработки [1]. Импульсно-дуговая сварка позволяет снизить разбрызгивание и получить более качественные сварные соединения [2].

За последнее десятилетие появилось большое количество импульсных процессов, позволяющих повысить скорость сварки, увеличить глубину проплавления, снизить тепловложение в основной металл [3]. Также появилась возможность перейти к струйному переносу на более низких значениях тока. Но до сих пор есть проблема высоких энергопотерь из-за наличия балластного сопротивления.

Основная часть.

Устройство для импульсно-дуговой сварки должно обеспечивать чередование тока импульса и тока паузы. Одним из устройств для реализации импульсно-дуговой сварки является модулятор, по-

строенный по принципу импульсно-регулируемого сопротивления, схема которого приведена на рисунке 1, а [4].

При протекании тока паузы, ключ 1 переключается на сопротивление 2. Для получения же тока импульса ключ 1 переключается на контактный наконечник 3. Из-за наличия балластного сопротивления 2 происходят большие мощности. Энергия в виде тепловых потерь уходит в окружающую среду.

На рисунке 1, б предложена альтернатива данному устройству. Для получения тока импульса ключ 1 все так же замыкается на контактный наконечник 3. Для получения же тока паузы ключ замыкается на контактный наконечник 2. И вместо балластного сопротивления, его функцию выполняет вылет проволоки между контактными наконечниками 2 и 3.

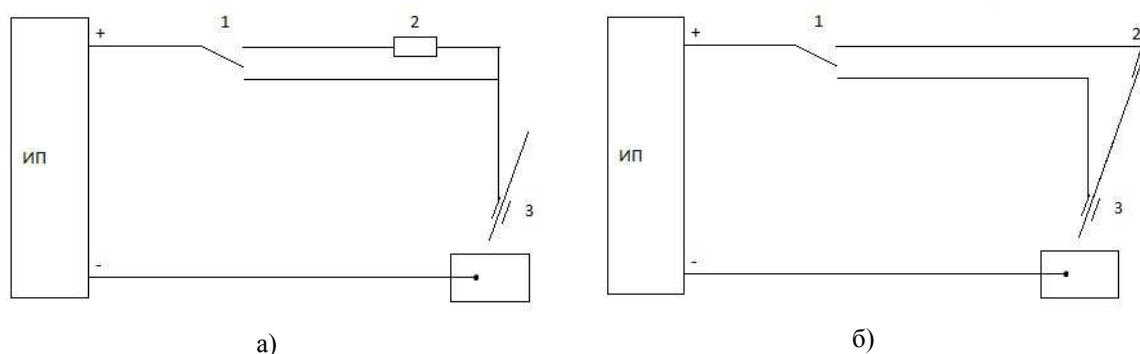


Рис. 1. Схема устройства, использующее балластное сопротивление (а) и схема устройства, использующее подогрев электродной проволоки (б)

По предложенной схеме было разработано устройство, использующее подогрев электрода в паузе (участок электродной проволоки со вторым контактным наконечником) [5]. Методика проведения эксперимента на данном устройстве представлена в работе [6].

Для поиска оптимальных режимов сварки с помощью программы Mathcad предложена математическая модель процесса.

Приняты следующие начальные условия:

- температура окружающей среды $T_{cp}=20^{\circ}\text{C}$
- удельное сопротивление $\rho=0,14\cdot 10^{-6}\text{Ом}\cdot\text{м}$;
- удельная теплоемкость $c=462\text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$;
- диаметр проволоки $d=1,2\text{ мм}$;
- удельная теплота плавления $L=84\cdot 10^3\text{ Дж/кг}$;
- температурный коэффициент зависимости сопротивления от температуры $\alpha=0,04\text{К}^{-1}$ [7].

Сварочную проволоку для расчетов принимаем за стержень, следовательно, температура в поперечном сечении распределена равномерно [8]. Расчетная схема распределения теплоты в проволоке приведена на рисунке 2.

Граничными условиями (проверены экспериментально) приняты:

- максимальная температура подогрева 600°C (получена экспериментально с учетом обеспечения устойчивости горения дуги);
- ток паузы 35А ;
- частота импульсов 100 Гц .

Методом подбора определены следующие параметры:

- скорость подачи электродной проволоки - 430 м/ч ($0,119\text{ м/с}$).
- длина проволоки между контактными наконечниками - $0,2\text{ м}$,
- шаг проволоки за 1 цикл равен - $1,194\cdot 10^{-3}\text{ м}$.

Для упрощения расчетов примем следующие допущения:

- во время паузы и нагрева проволоки подача проволоки останавливается;
- проволока движется только во время импульса на величину, которую она бы прошла за полное время цикла;
- проволока нагревается только за счет проходящего тока, теплопроводность не учитывается.

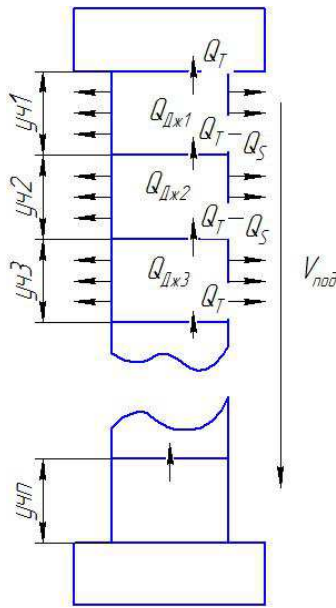


Рис. 2. Расчетная схема распределения теплоты в проволоке

За один цикл проволока проходит равные участки. За первый цикл такой участок занимает положение “уч1”, нагревается за время прохождения тока паузы, смещается и принимает положение “уч2”, где снова нагревается и смещается в положение “уч3” и т.д.

Нагрев проволоки от проходящего тока происходит только за время паузы, равной 0,007 с. Чтобы найти изменение температуры за один цикл, нужно найти количество теплоты, выделяемой на этом участке при прохождении тока.

Выделяемую теплоту на каждом участке вылета за один цикл находим по закону Джоуля-Ленца:

$$Q_{Дж} = I_{паузы}^2 \cdot R \cdot t_{паузы}, \quad (1)$$

где $Q_{Дж}$ -выделяемая теплота;

$I_{паузы}$ – сила тока в паузе;

R – сопротивление участка электродной проволоки;

$t_{паузы}$ – время паузы.

Потери тепла на излучения:

$$Q_S = \alpha \cdot (T - T_0) \cdot S \cdot \Delta t + \sigma \cdot (T^4 - T_0^4) \cdot S \cdot \Delta t, \quad (2)$$

где α , σ – коэффициент соответственно конвективного теплообмена и теплообмена излучением ($\alpha=8,7$ Вт/м²С°, $\sigma=5,67$ Вт/м²К⁴);

T_0 – температура окружающей среды;

S – площадь поверхности участка.

В итоге на каждом участке выделяемая теплота будет равна:

$$Q = Q_{Дж} - Q_S \quad (3)$$

Изменение температуры находим по формуле:

$$\Delta T = \frac{Q}{c \cdot m}, \quad (4)$$

где c – удельная теплоемкость;

m – масса участка электродной проволоки, равная произведению удельной плотности на ее объем ($m=1,763 \cdot 10^{-3}$ кг).

Изменение сопротивления с повышением температуры найдем по формуле:

$$\Delta R = \alpha \cdot R \cdot T \quad (5)$$

Определяем изменение температуры и сопротивления за каждый шаг:

$$Q_{Дж} = I_{паузы}^2 \cdot R \cdot t_{паузы} \quad (6)$$

$$\Delta T = \frac{Q}{c \cdot m} \quad (7)$$

$$T = T_{нач} + \Delta T \quad (8)$$

$$\Delta R = \alpha \cdot R \cdot T \quad (9)$$

$$R_{нов} = R + \Delta R, \quad (10)$$

где $R_{нов}$ – сопротивление проволоки после ее нагрева за время паузы.

В следующем цикле за R принимаем $R_{нов}$. В первом цикле $T_{нач}$ будет равна температуре окружающей среды (по умолчанию 20°C). Полученная температура T станет в следующем цикле начальной температурой $T_{нач}$. Как видно, процесс циклический, пока не настанет состояние равновесия, при котором первый участок станет последним перед вторым контактным наконечником, он же и будет иметь максимальную температуру (в нашем расчете $T_{кон} \approx 600^\circ\text{C}$), а начальный участок также будет иметь температуру окружающей среды.

Определив сопротивление вылета проволоки за 1 цикл и приняв ток паузы 35А, находим выделяемую теплоту. Рассчитав цикл для всех участков проволоки, по полученным значениям построили график распределения температур по длине проволоки (рисунок 3).

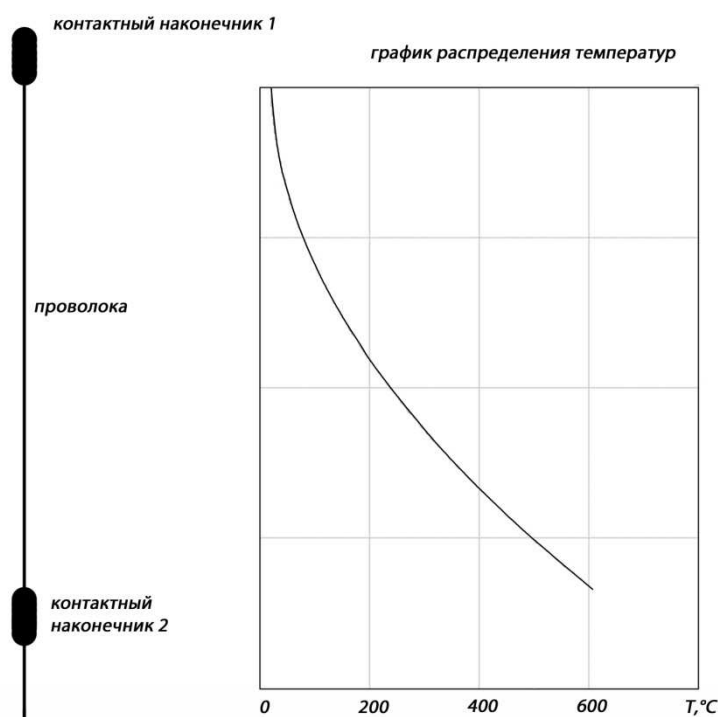


Рис. 3. Распределение температур по длине проволоки

Как видно из графика, зависимость нелинейная. Находим зависимость температуры от номера интервала методом квадратичной интерполяции:

$$T = 0,02 \cdot n^2 + 0,185 \cdot n + 20,056, \quad (11)$$

где n – номер цикла.

Как видно из графика, температура между двумя соседними участками даже в конце цикла будет различаться менее, чем на 5°C . Учитывая скорость протекания всех процессов, время контакта этих участков с такой большой разностью температур будет менее секунды. За такое время теплопроводность не сыграет большой роли, только слегка сгладит ступенчатость графика.

Оценим эффективность устройства, сравним импульсно-дуговой процесс с подогревом электродной проволоки с автоматической сваркой в среде защитных газов. Для примера используем стандартное соединение С17 толщиной 8 мм.

Объем наплавленного металла на 1 м шва будет равен $0,04 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$

Масса наплавленного металла на 1 м^2 равна 0,328 кг.

Для нагрева и расплавления такой массы проволоки необходима энергия, которая состоит из:

-энергии, необходимой для нагрева 0,328 кг электродной проволоки от 20°C до 1450°C :

$$E_1 = 462 \cdot m \cdot (1450 - 20) = 2,164 \cdot 10^5 \text{ Дж} \quad (12)$$

-энергии, необходимой для расплавления 0,328 кг электродной проволоки, нагретой до температуры плавления:

$$E_2 = 84 \cdot m = 27,519 \text{ Дж} \quad (13)$$

-полная энергия, необходимая для нагрева и расплавления 0,328 кг электродной проволоки от 20°C :

$$E = E_1 + E_2 = 2,165 \cdot 10^5 \text{ Дж} \quad (14)$$

Если сравнить с энергией, необходимой для нагрева и расплавления того же объема электродной проволоки, но нагретой до температуры в 600 градусов $E_{\text{имп}} = 1,286 \cdot 10^5 \text{ Дж}$

Отношение энергий равно $\frac{E}{E_{\text{имп}}} = 1,682$, т.е. для нагрева и расплавления той же массы электродной проволоки, необходима энергия, меньшая в 1,68 раза. В схеме модулятора для импульсно-дуговой сварки эта энергия выделяется на сопротивлении.

Вывод.

Применение расчетно-графического метода для определения температуры нагрева проволоки позволяет оценить эффективность предлагаемого устройства, использующего в качестве сопротивления повышенный вылет электродной проволоки. Использование подогрева электродной проволоки позволяет повысить эффективность процесса сварки в 1,68 раза.

Литература.

1. Fedko V.T., Zernin E.A. Main reasons for splashing and methods of protection of welded components against molten metal splashes // Welding International. Volume 19, Issue 6, 2005, Pages 495-497.
2. K. Warsz. Pulsed arc welding: Practical specifications // Welding International, Volume 9, Issue 10, 1995.
3. Pavlov, N.V., Kryukov, A.V., Zernin, E.A. Distribution of temperature fields in welding in a gas mixture with pulsed electrode wire feed // Welding International. Volume 26, Issue 6, June 2012, Pages 483-484.
4. Mal'Chenko A.P., Voronkov Yu.N., Metelev A.V. & Lezhnev I.A. Pulsed-arc CO₂ welding // Welding International, Volume 6, Issue 6, 1992.
5. Крампит А.Г., Крампит Н.Ю., Крампит М.А. Устройство для электродуговой сварки // Патент на изобретение № 2429112 от 20.09.2011 г.
6. Krampit A.G., Krampit N.Yu., Krampit M.A. Effect of the parameters of pulsed arc welding on the formation of a root layer in a narrow gap // Welding International, 2013.
7. Коновалов А.В., Куркин А.С., Макаров Э.Л., Неровный В.М., Якушин Б.Ф. Теория сварочных процессов // Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007 г., 752 с.
8. Рыкалин Н.Н. Расчеты тепловых процессов при сварке // Издательство «МАШГИЗ», 1951 г., 296 с.

ВЛИЯНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПОРОШКОВ-МОДИФИКАТОРОВ НА КОРРОЗИОННУЮ СТОЙКОСТЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

М.А. Кузнецов, Е.А. Зернин, к.т.н., доцент, Д.С. Карцев, студент

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета*

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. 8(38451)5-09-06

E-mail: kuznechik_85@mail.ru

В сварных соединениях высоколегированных, коррозионно-стойких сталей, вследствие высокой электрохимической гетерогенности, обусловленной неоднородностью химического состава металла шва, структуры, свойств и напряженного состояния происходят наиболее интенсивные коррозионные разрушения по сравнению с основным металлом. Основной причиной разрушения трубо-