

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИМПУЛЬСНО-ДУГОВОЙ СВАРКИ ПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ В СРЕДЕ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА

Н.Ю. Крампит, А.Г. Крампит

Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета, г. Юрга, Кемеровская обл., Российская Федерация
e-mail: nkrampit@mail.ru

Представлены исследования процесса импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом в среде углекислого газа. Показана область режимов сварки с управляемым переносом электродного металла. С помощью кинокадров процесса импульсно-дуговой сварки подтверждена возможность дозирования энергии, идущей на расплавление капли электродного металла.

Ключевые слова: импульсно-дуговая сварка, перенос электродного металла, режимы сварки.

PROCESS RESEARCH OF PULSE MAG WELDING

N.Yu. Krampit, A.G. Krampit

Yurga Institute of Technology (Branch) of National Research Tomsk Polytechnic University, Yurga, Kemerovo Region, Russian Federation
e-mail: nkrampit@mail.ru

The paper presents the study of the process of pulse-arc welding using consumable electrode in carbon dioxide atmosphere. The area of welding with controlled electrode metal transfer is shown. The possibility of dosing energy used to the electrode metal droplets melting is confirmed with the film frames of pulsed-arc welding process.

Keywords: pulse-arc welding, transfer of electrode metal, welding conditions.

Способы управления переносом электродного металла имеют общие цели: улучшение устойчивости горения дуги; получение направленного переноса электродного металла во всех пространственных положениях; улучшение технологических характеристик сварочной дуги; улучшение формирования сварного шва; снижение разбрызгивания электродного металла [1].

Цель настоящей работы — исследование процесса импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом в среде углекислого газа.

Методика проведения эксперимента. Экспериментальные исследования процесса импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом в среде углекислого газа проводили на специальной установке (рис. 1).

Для исследования процесса плавления и переноса электродного металла выполняли наплавку валиков способом импульсно-дуговой сварки [2] на пластины из стали Ст3 размерами 300×150×10 мм, проволокой Св-08Г2С диаметром 1 мм. Для реализации способа с дозированием энергии, идущей на расплавление капли электродного металла, применяли устройство для сварки [3].

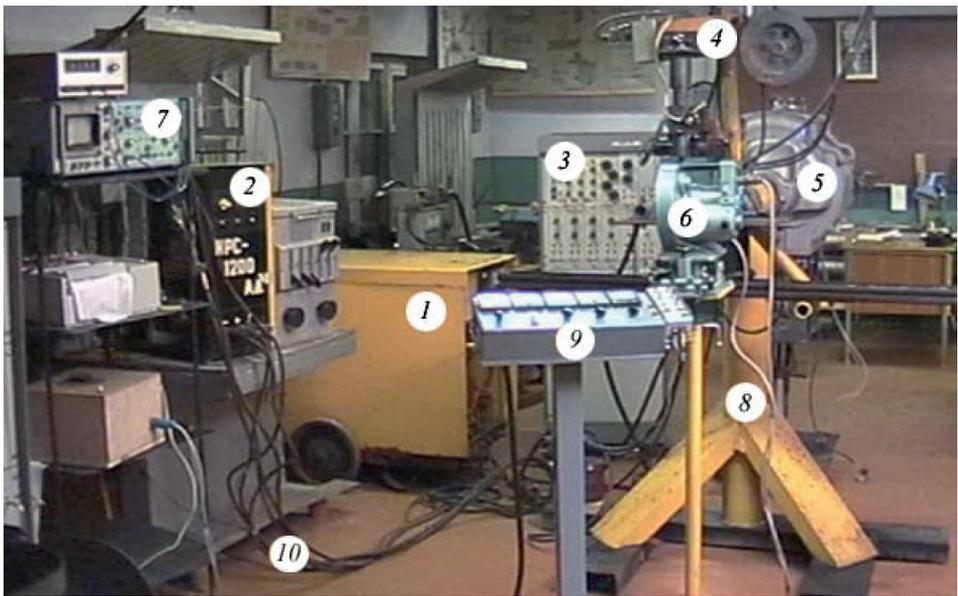


Рис. 1. Экспериментальная установка для исследований процесса импульсно-дуговой сварки:

1 – сварочный источник питания ВДУ-504УЗ; 2 – модулятор ИРС-1200АДМ; 3 – блок управления БАРС-2В; 4 – сварочная головка ГСП-2; 5 – дуговой прожектор КПП-2; 6 – скоростная кинокамера СКС-1М; 7 – светолучевой осциллограф С8-13; 8 – сварочный стэнд; 9 – пульт управления; 10 – сварочные кабели и измерительные провода

Режимы сварки:

- расход углекислого газа 15 л/мин;
- вылет электрода 16 мм;
- скорость сварки 20–30 м/ч;
- среднее напряжение 33–37 В;
- скорость подачи электродной проволоки 450 м/ч.

Энергия, определяющая плавление и перенос капли в момент действия импульса, зависит от следующих параметров: длительности импульса ($t_{и}$), амплитуды импульса ($I_{и}$). В целях нахождения взаимосвязи параметров, определяющих энергию импульса, проведены исследования по выявлению области режимов с управляемым переносом электродного металла.

Результаты эксперимента и их обсуждение. В ходе эксперимента было отмечено, что применение импульсов сварочного тока хорошо влияет на процесс плавления и переноса электродного металла. На рис. 2 показана область режимов, ограниченная кривыми 1 и 2, с управляемым переносом электродного металла.

При малой длительности импульсов ограничение области режимов связано с более интенсивным изменением характеристик плавления и переноса электродного металла. Увеличение амплитуды импульсов приводит к значительному изменению сил, действующих на каплю

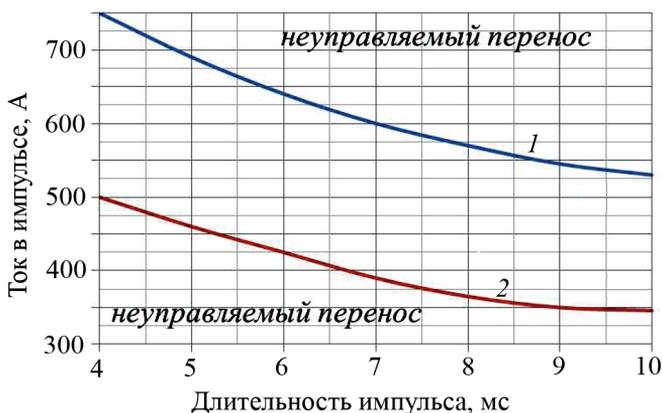


Рис. 2. Область режимов с управляемым переносом электродного металла

электродного металла. Возрастает скорость полета капли и ее воздействие на сварочную ванну, что ухудшает формирование металла шва. При значениях амплитуды выше кривой 1 капли могут разрываться на электроде, что является причиной разбрызгивания электродного металла. Необходимо отметить, что увеличение амплитудного значения тока приводит к подбрасыванию оставшегося на торце жидкого металла вверх по электроду. Это также может являться причиной повышения разбрызгивания и нарушения устойчивости процесса сварки.

При увеличении длительности и снижении амплитуды импульса перенос электродного металла приобретает плавный характер. Далее приведены ориентировочные режимы сварки в углекислом газе при импульсно-дуговой сварке для одной скорости подачи электрода.

Режимы импульсно-дуговой сварки в углекислом газе в нижнем положении

Параметры	Значение
Длительность импульсов, мс	4–10
Частота, Гц	30–80
Амплитуда тока, А	350–750
Базовый ток, А	20–30

В ходе эксперимента было отмечено, что применение импульсов сварочного тока благоприятно сказывается на стабильности горения дуги и характере переноса электродного металла. Дуга горит устойчиво. На рис. 3 показаны процессы плавления и переноса капель электродного металла при импульсно-дуговой сварке в углекислом газе.

На кадре 1 представлен электрод к концу паузы. На торце электрода видна капля электродного металла, образовавшаяся в результате теплового воздействия предыдущего импульса. Сварочный ток в паузе снижается до 30 А, в связи с этим уменьшается реактивное давление

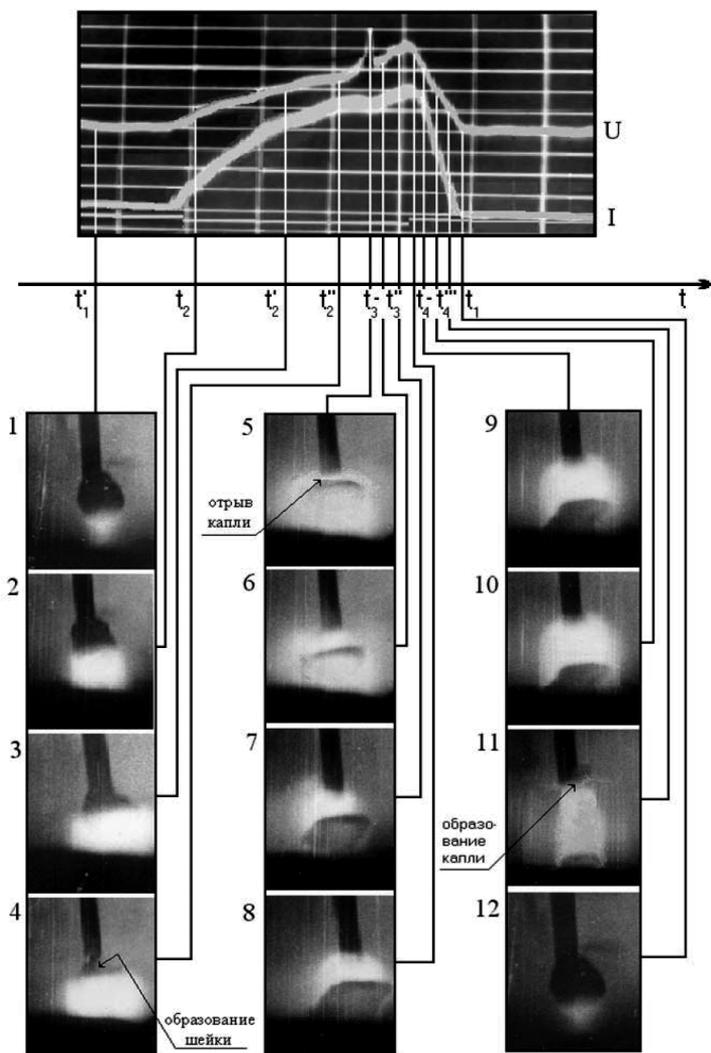


Рис. 3. Осциллограммы и кинограммы процесса импульсно-дуговой сварки:
 режимы сварки – $I_{и} = 600 \text{ А}$; $t_{и} = 6 \text{ мс}$; $f = 50 \text{ Гц}$ (1 кл – 100 А ; $7,2 \text{ В}$; отсчетчик
 времени 1 кл – 2 мс)

и электродинамическая сила. За промежуток времени $t_1 - t_2$ под действием силы тяжести и поверхностного натяжения капля сформировалась на торце в виде сферы. Капля занимает соосное положение с электродом. Диаметр столба сварочной дуги меньше диаметра капли и электрода.

С момента времени t_2 ток импульса возрастает и увеличивается значение сил, действующих на каплю (кадры 2–3). За счет теплонасыщения столб дуги увеличивается, принимает бочкообразную форму и стремится обхватить каплю. Нарастание сварочного тока происходит плавно, поэтому капля не смещается на боковую поверхность электрода, а продолжает занимать соосное с ним положение.

На кадре 4 показано образование шейки между электродом и каплей. С нарастанием сварочного тока увеличивается и значение электродинамической силы, под действием которой капля втягивается в столб дуги и движется в сторону ванны. Шейка удлиняется и утоняется.

В момент времени t_3 происходит отрыв капли и ее движение в сторону сварочной ванны (кадр 5). После разрыва перемишки реактивное давление паров очень большое, поэтому капля сильно деформирована. При взрыве шейки и отрыве капли дуга обхватывает электрод, поэтому в этот момент диаметр столба сварочной дуги имеет наибольший размер.

Сильно деформированная капля движется в направлении ванны (кадры 7–10). С момента времени t_4 ток уменьшается и, как следствие, происходит сужение столба сварочной дуги. В отличие от сварки в аргоне, капля в углекислом газе в период отрыва и переноса в сварочную ванну не имеет шарообразной формы.

За время $t_4 - t_1$ происходит расплавление следующей капли (кадры 11–12).

Более наглядно принцип дозирования энергии на расплавление следующей капли показан на рис. 4, на котором представлены осциллограмма процесса импульсно-дуговой сварки в углекислом газе и кинокадры в момент паузы перед импульсом с образовавшейся каплей на торце электрода.

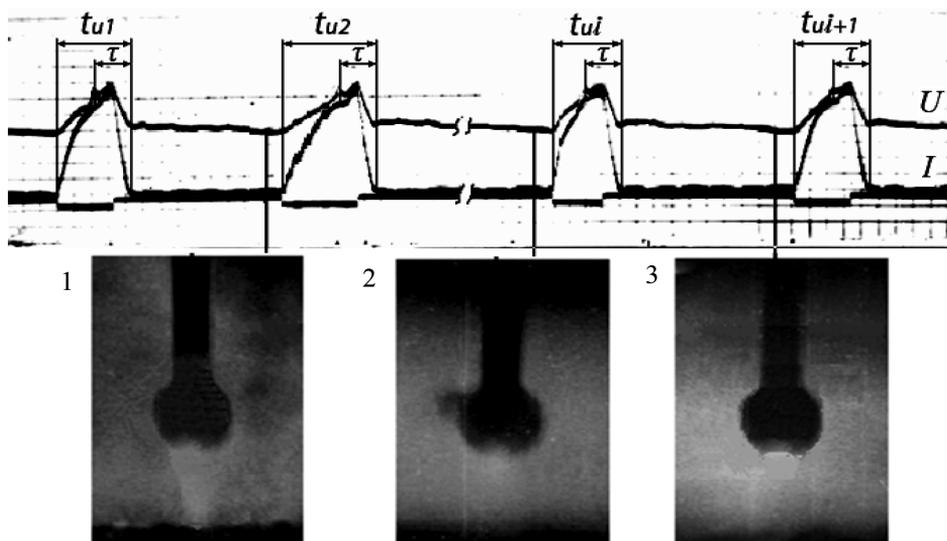


Рис. 4. Осциллограмма процесса импульсно-дуговой сварки и кинограммы в момент паузы с образовавшейся каплей на торце электрода:

U — напряжение; I — сварочный ток; τ — время на дозирование энергии в каждом импульсе ($\tau = \text{const}$); t_{u1} — длительность первого импульса, t_{u2} — длительность второго импульса; t_{ui} — длительность i -го импульса; t_{ui+1} — длительность $i + 1$ -го импульса (1 кл — 100 А; 7,2 В; отметчик времени 1 кл — 2 мс)

При отрыве капли электродного металла происходит “всплеск” напряжения, фиксируемый датчиком [3]. Задавая время с начала отрыва капли, можно дозировать энергию для расплавления последующей капли.

Таким образом, проведенные исследования процесса импульсно-дуговой сварки показали, что применение способа и устройства с дозированием энергии, идущей на расплавление капли, обеспечивает управляемый перенос электродного металла и повышает устойчивость процесса.

Выводы. 1. При импульсно-дуговой сварке плавящимся электродом в среде углекислого газа существует область режимов с управляемым переносом электродного металла.

2. При обеспечении одинакового размера переносимых капель повышается устойчивость дугового промежутка, что способствует стабильному каплепереносу электродного металла.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ленивкин В.А., Дюржеров Н.Г., Сагиров Х.Н.* Технологические свойства сварочной дуги в защитных газах. М.: ООО “БПМ-ПР”. 2011. 368 с.
2. *Князьков А.Ф., Крампит Н.Ю., Петриков А.В.* Способ импульсно дуговой сварки / Патент на изобретение № 2133660 от 27.07.99 г.
3. *Князьков А.Ф., Князьков С.А., Крампит А.Г., Веревкин А.В.* Устройство для сварки / Патент на изобретение № 2185941, от 27.07.02 г.

REFERENCES

- [1] *Lenivkin V.A., Dyurgerov N.G., Sagirov Kh.N.* Tekhnologicheskie svoystva svarochnoy dugi v zashchitnykh gazakh. 2 izd. dop [Technological properties of the arc within shielding gas]. Moscow, BPM-PR Publ., 2011. 368 p.
- [2] *Knyaz'kov A.F., Krampit N.Yu., Petrikov A.V.* Sposob impul'sno dugovoy svarki [Pulsed arc welding method]. Patent RF, no. 2133660, 1999.
- [3] *Knyaz'kov A.F., Knyaz'kov S.A., Krampit A.G., Verevkin A.V.* Ustroystvo dlya svarki [Welding device]. Patent RF, no. 2185941, 2002.

Статья поступила в редакцию 25.07.2013

Крампит Наталья Юрьевна — канд. техн. наук, доцент кафедры “Сварочное производство” Юргинского технологического института (филиала) Национального исследовательского Томского политехнического университета, профессор РАЕ. Автор ряда научных работ в области разработки теоретических, экспериментальных и технологических основ процесса сварки в CO_2 с импульсным питанием сварочной дуги. Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета, Российская Федерация, 652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, д. 26.

Krampit N.Yu. — Cand. Sci. (Eng.), assoc. professor of “Welding Industry” department of the Yurga Institute of Technology (Branch) of National Research Tomsk Polytechnic University, Professor of Russian Academy of Natural History. Author of a number of publications in the field of development of theoretical, experimental and technological fundamentals of the CO_2 pulsed-arc welding.

Yurga Institute of Technology (Branch) of National Research Tomsk Polytechnic University, Leningradskaya ul. 26, Yurga, Kemerovo Region, 652055 Russian Federation.

Крампит Андрей Гарольдович — канд. техн. наук, доцент кафедры “Сварочное производство” Юргинского технологического института (филиала) Национального исследовательского Томского политехнического университета. Автор ряда научных работ в области разработки теоретических, экспериментальных и технологических основ процесса импульсно-дуговой сварки.

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета, Российская Федерация, 652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, д. 26.

Krampit A.G. — Cand. Sci. (Eng.), assoc. professor of “Welding Industry” department of the Yurga Institute of Technology (Branch) of National Research Tomsk Polytechnic University. Author of several publications in the field of development of theoretical, experimental and technological fundamentals of the pulsed-arc welding.

Yurga Institute of Technology (Branch) of National Research Tomsk Polytechnic University, Leningradskaya ul. 26, Yurga, Kemerovo Region, 652055 Russian Federation.

В Издательстве МГТУ им. Н.Э. Баумана вышла в свет книга

ТЕПЛООБМЕН И ТЕПЛОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКЦИЙ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ ПРИ РАДИАЦИОННОМ НАГРЕВЕ



Монография посвящена проблемам теплообмена и тепловых испытаний материалов и конструкций аэрокосмической техники с использованием источников высокоинтенсивного излучения. Приведены результаты исследований характеристик наиболее перспективных трубчатых источников излучения и примеры их практического применения. Рассмотрены радиационный и радиационно-кондуктивный теплообмен в полупрозрачной рассеивающей среде, наиболее полно учитывающей особенности процессов теплообмена в материалах конструкций летательных аппаратов, а также вопросы теплообмена при тепловых испытаниях и моделировании теплового режима объектов испытаний.

Приведены примеры решения актуальных прикладных задач радиационного и радиационно-кондуктивного теплообмена. Затронуты наиболее важные методические вопросы измерения тепловых потоков и температур.

Для научных работников и инженеров, специализирующихся в области тепловых испытаний и теплофизических исследований объектов ракетно-космической техники. Может быть полезна студентам, обучающимся в вузах авиационного и ракетного профиля.