

УДК 621.791.754

Ильященко Дмитрий Павлович

ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»
Юргинский технологический институт (филиал)
Россия, Юрга¹
зам. зав. кафедрой Сварочного производства
E-Mail: mita8@rambler.ru

Васильев Владимир Иванович

ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»
Юргинский технологический институт (филиал)
Россия, Юрга
Доцент, кандидат технических наук
E-Mail: mita14@ro.ru

Брунов Олег Геннадиевич

ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»
Юргинский технологический институт (филиал)
Россия, Юрга
Доцент, кандидат технических наук

Солодский Сергей Анатольевич

ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»
Юргинский технологический институт (филиал)
Россия, Юрга
Доцент, кандидат технических наук

Готовщик Юлия Михайловна

ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»
Юргинский технологический институт (филиал)
Россия, Юрга
Студент
E-Mail: wh13@bk.ru

Влияние движения сварочной проволоки на стабильность процесса сварки

Аннотация: В статье проведен анализ и исследование процессов переноса электродного металла при дуговой механизированной сварке в среде защитных газов с постоянной и импульсной подачей сварочной проволоки, в частности, исследованы причины и следствия повышенного разбрызгивания электродного металла в момент короткого замыкания дугового промежутка. С помощью математического анализа получены статические

¹ 652055, Кемеровская область, г. Юрга, Ул. Ленинградская, 26

номограммы зависимости скорости плавления от тока и напряжения и отношение вероятной массы разбрызгиваемого металла в зависимости от силы тока при непрерывной подаче проволоки. В ходе исследования получены результаты измерений наплавки и разбрызгивания при сварке с импульсной подачей электродной проволоки. Установлено и практически подтверждено, что количество металла, выбрасываемого при газодинамическом ударе в момент перехода электродного металла в сварочную ванну, зависит от объема сварочной проволоки, поданной в цикле замыкания дугового промежутка. Отсутствие движения сварочной проволоки при сварке с импульсной подачей сварочной проволоки в момент цикла короткого замыкания приводит к снижению объема жидкого металла на торце электрода, позволяющее существенно снизить разбрызгивание и стабилизировать процесс перехода электродного металла в сварочную ванну.

Ключевые слова: Сварка в защитных газах; газодинамический удар; импульсная подача проволоки; разбрызгивание электродного металла; сварочная ванна; перенос электродного металла; замыкание дугового промежутка; стабилизация.

Идентификационный номер статьи в журнале 78TVN114

Dmitry Il'yaschenko

«National Research Tomsk Polytechnic University»
Yurginskij Technological Institute (branch)
Russia, Jurga
E-Mail: mita8@rambler.ru

Vladimir Vasiliev

«National Research Tomsk Polytechnic University»
Yurginskij Technological Institute (branch)
Russia, Jurga
E-Mail: mita14@ro.ru

Oleg Brunow

«National Research Tomsk Polytechnic University»
Yurginskij Technological Institute (branch)
Russia, Jurga

Sergei Solodsky

«National Research Tomsk Polytechnic University»
Yurginskij Technological Institute (branch)
Russia, Jurga

Julia Gotovschik

«National Research Tomsk Polytechnic University»
Yurginskij Technological Institute (branch)
Russia, Jurga
E-Mail: wh13@bk.ru

Effect of movement for stability of welding wire welding process

The article analyzes and research processes electrode metal transfer in arc mechanized welding in shielding gases with constant and pulsed wire feed, in particular, investigated the causes and consequences of increased spray electrode metal at the time of short circuit arc gap. Using mathematical analysis obtained static nomograms melting rate depending on the current and voltage and the ratio of probable mass sprayed metal, depending on the current continuous feed wire. In the study, the results of measurements obtained surfacing and spray welding with pulsed electrode wire feed. Installed and practically confirmed that the amount of metal ejected during gasdynamic impact at the moment of transition metal electrode to the weld pool depends on the amount of welding wire, filed in a loop circuit arc gap. Lack of movement of the welding wire when welding with pulsed welding wire when the short circuit cycle reduces the volume of molten metal on the end of the electrode, allowing to significantly reduce splashing and stabilizing the transition metal of the electrode to the weld pool.

Keywords: welding in shielding gases; gas-dynamic shock; pulse wire feed; spraying metal electrode; the weld pool; the transfer of electrode metal; circuit arc gap stabilization.

Identification number of article 78TVN114

Цель работы: Исследование причин снижения коэффициента разбрызгивания при использовании нестационарной подачи сварочной проволоки.

Задачи:

1. Провести сравнение традиционного способа сварки с непрерывной подачей проволоки и сварки с импульсной подачей проволоки на процесс разбрызгивания при коротком замыкании дугового промежутка.

2. Получить результаты измерений наплавки и разбрызгивания при сварке с импульсной подачей электродной проволоки.

Механизированная сварка в среде защитных газов (MAG) наряду с достоинствами, обладает рядом недостатков, в частности не стабильный перенос электродного металла. Известно [1], что причинами разбрызгивания при MAG сварке является крупнокапельный перенос электродного металла, давление плазменных потоков, а также газодинамический удар, возникающий в момент короткого замыкания дугового промежутка при испарении жидкой перемычки между сварочной проволокой и сварочной ванной. переходящей. При этом возникает давление, радиально направленное от оси электродной проволоки.

Видеосъемка процесса позволяет утверждать, что при газодинамическом ударе выброс жидкого электродного металла происходит не только из объема образующейся перемычки, но и от объема жидкого металла, находящегося на торце электродной проволоки. В связи с чем, для снижения выбросов металла необходимо понижать величину газодинамического удара, для чего используют следующие подходы [2]:

а) аппаратное снижение силы тока в момент короткого замыкания дугового промежутка;

б) уменьшение объема жидкого металла между электродной проволокой и сварочной ванной в момент короткого замыкания дугового промежутка;

Первый подход реализуется автоматизированными системами управления при импульсно-дуговой сварке, когда во время короткого замыкания происходит снижение сварочного тока до минимальных значений, а переход жидкого металла осуществляется под действием сил поверхностного натяжения.

Второй способ реализуется при сварке с дискретной подачей сварочной проволоки. В этом случае процесс перехода электродного металла происходит в момент остановки сварочной проволоки.

Сравнение процесса сварки с импульсной подачей проволоки (ИПСП) с традиционным способом сварки с непрерывной подачей проволоки показывает, что при одинаковом (среднем) значении сварочного тока в момент короткого замыкания и, соответственно, при одинаковой силе газодинамического удара при разрушении перемычки, переход капли электродного металла в сварочную ванну происходит с существенным отличием. В случае сварки ИПСП имеет меньшее разбрызгивание в сравнении со сваркой с традиционной подачей проволоки [3]. Это объясняется следующим различием процессов.

При использовании постоянной подачи сварочной проволоки в момент образования перемычки движение проволоки продолжается, увеличивая время перехода электродного металла в сварочную ванну и сварочный ток короткого замыкания [4], это приводит к увеличению скорости плавления проволоки под действием джоулева тепла. Это приводит к увеличению количества жидкого металла на торце электродной проволоки. В связи с этим, именно эта дополнительная масса выбрасывается за пределы сварочной ванны под действием газодинамического взрыва перемычки. Именно данное явление является причиной

увеличения разбрызгивания и дестабилизации процесса сварки. И чем выше сварочный ток при механизированной сварке, который пропорционален скорости подачи проволоки и, тем большее количество проволоки расплавится во время короткого замыкания за счет тепла, вырабатываемого проходящим током по закону Джоуля – Ленца. Количество расплавленной проволоки за короткого замыкания дугового промежутка определяется:

$$m = \frac{I \cdot U \cdot t}{q}, \quad (1)$$

где q – удельная теплота плавления электродной проволоки, для стали,

$$q = 84 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

Из условий энергетического равновесия процесса сварки, скорость подачи проволоки $v_{\text{под}}$ должна быть равна скорости ее плавления, определяемая из выражения (2) [5]

$$v_{\text{пл}} = 9.6 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{I \cdot U}{d^2} + 6.4 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{I^2 \cdot l}{d^4}, \text{ м/час.} \quad (2)$$

Из графика потерь электродного металла определяется необходимый диапазон тока [6]. Учитывая, что $U = 7 \cdot \sqrt[4]{I}$ [7] и задав в качестве начальных условий диаметр проволоки и вылет электрода, строится номограмма, определяющая скорость плавления проволоки джоулевым теплом в зависимости от силы тока (рисунок 1).

Учитывая время разрыва переключки, определяется объем сварочной проволоки, расплавленной за время короткого замыкания с учетом того, что линия сплавления практически неподвижна [4].

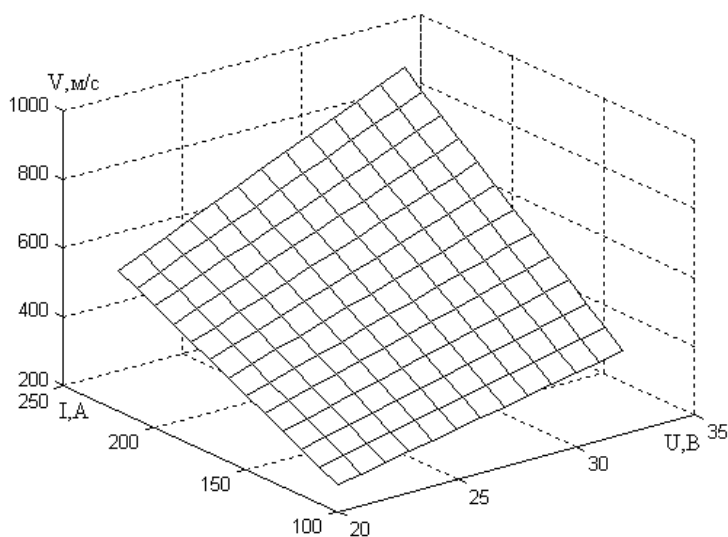


Рис. 1. Номограмма зависимости скорости плавления от тока и напряжения для проволоки $d = 1.2 \text{ мм}$ $l = 12 \text{ мм}$

При расчетах для определения зависимости вероятной массы разбрызгиваемого металла в зависимости от силы тока (Рис. 2) при непрерывной подаче проволоки использовались значения тока до 250 А, так как дальнейшее увеличение тока приводит к снижению разбрызгивания за счет увеличения электродинамической силы [6].

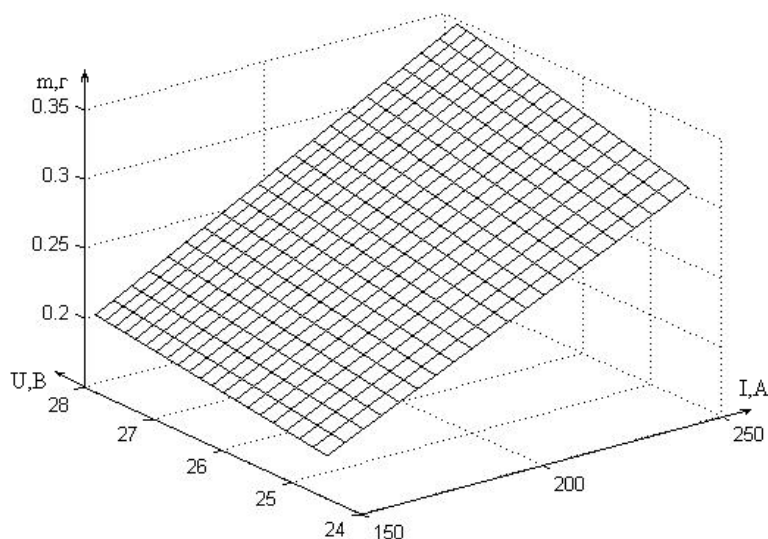


Рис. 2. Зависимость вероятной массы разбрызгиваемого металла в зависимости от силы тока при непрерывной подаче проволоки $d_{пр.} = 1.2\text{мм}$

Из рис. 2 можно сделать заключение, что с увеличением тока дуги сопровождается увеличением объема жидкого металла, выбрасываемого за пределы зоны сварки.

В отличие от традиционного способа MAG сварки, при сварке ИПСП момент короткого замыкания дугового промежутка наступает после остановки сварочной проволоки [8], таким образом, плавление сварочной проволоки происходит под действием Джоулева тепла, что ведет за собой увеличение длины жидкой перемычки, тем самым, снижается количество расплавленного металла на торце электрода и как следствие, вероятное количество вылетевшего из зоны сварки электродного металла.

$$v_{пл.} = \frac{m}{t} = \frac{I^2 \cdot R}{q}, \quad (3)$$

где R – сопротивление перемычки.

Цикл остановки проволоки при ИМСП сопровождается увеличением кинетической энергии капли и остановкой проволоки в момент короткого замыкания, что приводит к снижению разбрызгивания электродного металла при сварке с импульсной подачей сварочной проволоки (Таблица 1) [9].

Таблица 1

Результаты коэффициента наплавки и потерь на разбрызгивание при ИПСП

№	Рпр.	Рпл.	Рпл.+ηн.		Рб.-пл.		Рб.-сп.		дэл.	ηр.
	г	г	г	%	г	%	г	%	мм	%
1	31.39	1620.4	30.4	96.85	0.6	1.9	0.2	0.63	1.2	4.1
2	36.27	1650.8	34.4	94.84	1.11	3.06	0.5	1.37		
3	42.49	1685.2	40.9	96.26	0.85	2.0	0.21	0.49		
4	29.12	1602.83	28.4	97.52	0.52	1.78	0.12	0.41	1.6	2.75
5	35.67	1631.23	34.91	97.86	0.51	1.43	0.34	0.95		
6	34.01	1666.14	32.78	96.38	0.87	2.56	0.37	1.08		

где Рпр – вес проволоки; Рпл. – вес пластины; Рпл.+ηн. – вес наплавленного образца без брызг; Рб.-пл. – вес брызг на пластине; Рб.-сп. – вес брызг налипших на сопло; ηр. – коэффициент разбрызгивания.

Сравнивая результаты наплавочных коэффициентов и потерь электродного металла на разбрызгивание при ИПСП с указанными в литературе для традиционного способа сварки с постоянной подачей проволоки [10], (для проволоки дэл. – 1.2 мм, ηр. – 5 ÷ 8%; дэл – 1.6 мм, ηр. – 6 ÷ 10%) можно сделать вывод, что при сварке с ИПСП происходит значительное снижение коэффициента разбрызгивания (до 50%), а сварочный ток, ограниченный во время короткого замыкания индуктивностью источника питания в совокупности с отсутствием движения сварочной проволоки, приводит к удлинению перемычки и плавному перетеканию жидкого металла в сварочную ванну, поэтому при газодинамическом ударе, образуются мелкие брызги, что уменьшает потери электродного металла.

Выводы:

1) Количество металла выбрасываемого при газодинамическом ударе зависит от сварочного тока и количества проволоки поданной во время короткого замыкания.

2) Полная остановка сварочной проволоки во время перехода электродного металла в сварочную ванну уменьшает количество жидкого металла на торце электрода. Это приводит к уменьшению размера и количества брызг, что позволяет стабилизировать процесс переноса электродного металла и, соответственно, снизить разбрызгивание.

ЛИТЕРАТУРА

1. Заруба И.И. Электрический взрыв как причина разбрызгивания металла // Автоматическая сварка. – 1970. - №3. – С.14 – 18.
2. Федько, О.Г. Брунов, С.А. Солодский, А.В. Крюков, П.Д. Соколов Методы борьбы с разбрызгиванием при сварке в CO₂ [Текст] / В.Т. //Технология машиностроения – 2005. – №5 – С. 24 – 30.
3. Солодский С. А. Разработка автоматизированной системы для сварки в CO₂ с импульсной подаче сварочной проволоки и модуляцией сварочного тока: Автореф. дис. канд. техн. наук.– Челябинск, 2010.–20 с.
4. Заруба И.И. Природа коротких замыканий дуги при сварке в углекислом газе. // Автоматическая сварка. – 1973. – №5. – С. 14 - 17.
5. Федько В.Т., Брунов О.Г., Соколов П.Д. Сварка с импульсной подачей сварочной проволоки как частный случай импульсно-дуговой сварки. // Сварочное производство. – 2006. - №7. – С.6 – 8.
6. Потапьевский А.Г., Лаврищев В.Я. Разбрызгивание при сварке в углекислом газе проволокой СВ 08Г2С // Автоматическая сварка. 1972. №8. С 39 – 42.
7. Федько В.Т. Дуговая сварка плавлением. - Томск: Издательство ТПУ, 1994. – 240 с.
8. Брунов О.Г., Солодский С.А. Физико-математическое моделирование перехода капли электродного металла в сварочную ванну. Сварочное производство – 2008.– №4. – С16-19.
9. ГОСТ 25616 – 83. Источники питания для дуговой сварки. Методы испытания сварочных свойств.– М.: Издательство стандартов, 1983. – 19 с.
10. Федько В.Т. Теория, технология и средства снижения набрызгивания и трудоемкости при сварке в углекислом газе. – Томск: Издательство ТПУ, 1998. – 432 с.

Рецензент: Сапожков Сергей Борисович, Юргинский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Российская федерация, Юрга, и.о. зав. кафедрой ЕНО, доктор технических наук, доцент.

REFERENCES

1. Zaruba I.I. Jelektricheskiy vzryv kak prichina razbryzgivaniya metalla // Avtomaticheskaja svarka. – 1970. №3. – S.14 – 18.
2. Fed'ko, O.G. Brunov, S.A. Solodskij, A.V. Krjukov, P.D. Sokolov Metody bor'by s razbryzgivaniem pri svarke v SO₂ [Tekst] / V.T. //Tehnologija mashinostroenija – 2005. – №5 – S. 24 – 30.
3. Solodskij S. A. Razrabotka avtomatizirovannoj sistemy dlja svarki v SO₂ s impul'snoj podache svarochnoj provoloki i moduljaciej svarochnogo toka: Avtoref. dis. kand. tehn. nauk.– Cheljabinsk, 2010.–20 s.
4. Zaruba I.I. Priroda korotkih замыканий дуги при сварке в углекислом газе. // Avtomaticheskaja svarka. – 1973. – №5. – S. 14 17.
5. Fed'ko V.T., Brunov O.G., Sokolov P.D. Svarka s impul'snoj podachej svarochnoj provoloki kak chastnyj sluchaj impul'sno-dugovoj svarki. // Svarochnoe proizvodstvo. – 2006. №7. – S.6 – 8.
6. Potap'evskij A.G., Lavrishhev V.Ja. Razbryzgvanie pri svarke v uglekisлом газе provolokoj SV 08G2S // Avtomaticheskaja svarka. 1972. №8. S 39 – 42.
7. Fed'ko V.T. Dugovaja svarka plavlением. Tomsk: Izdatel'stvo TPU, 1994. – 240 s.
8. Brunov O.G., Solodskij S.A. Fiziko-matematicheskoe modelirovanie perehoda kapli jelektrodnogo metalla v svarochnuju vannu. Svarochnoe proizvodstvo – 2008.– №4. – S16-19.
9. GOST 25616 – 83. Istochniki pitaniya dlja dugovoj svarki. Metody ispytaniya svarochnyh svojstv.– M.: Izdatel'stvo standartov, 1983. – 19 s.
10. Fed'ko V.T. Teorija, tehnologija i sredstva snizhenija nabryzgvaniya i trudoemkosti pri svarke v uglekisлом газе. – Tomsk: Izdatel'stvo TPU, 1998. – 432 s.