

КРАТКИЙ ОБЗОР СПОСОБОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ДУГОВОЙ СВАРКИ В СРЕДЕ ЗАЩИТНЫХ ГАЗОВ

Крампит Н.Ю.¹, Буракова Е.М.¹, Крампит М.А.¹

¹ ГОУ ВПО «Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета», Юрга, Россия (652050, г. Юрга, ул. Ленинградская, 26), e-mail: nkrampit@mail.ru

Дуговая сварка в защитных газах занимает ведущее место при производстве сварных конструкций, поэтому многие исследователи работают в этой области над повышением качества сварных соединений, уделяя особое внимание вопросам управления процессом сварки. В статье представлены способы управления процессом дуговой сварки в среде защитных газов. Выделены следующие способы: наложение внешнего магнитного поля; программирование скорости подачи электрода; импульсная подача газа(ов); импульсное изменение сварочного тока. Отмечено, что в настоящее время актуальность эффективного применения импульсных способов сварки очевидна, так как данные методы создают благоприятные условия для активного управления плавлением и переносом электродного металла, что позволяет получить сварной шов с заданными свойствами и повысить качество сварки.

Ключевые слова: способ дуговой сварки, управление процессом, импульсная сварка, сварной шов.

OVERVIEW THE CONTROL METHOD OF ARC WELDING SHIELDING GASES

Krampit N.Y.¹, Burakova E.M.¹, Krampit M.A.¹

¹Yurga Institute of Technology (branch) of Tomsk Polytechnic University, Yurga, Russia (652050, Yurga, street Leningrad, 26), e-mail: nkrampit@mail.ru

Arc welding in shielding gases occupies a leading position in the production of welded structures, so many researchers are working in this area to improve the quality of welded joints, with special attention to the management of the welding process. The article presents the control method of arc welding in shielding gases. Highlighted in the following ways: application of an external magnetic field, programming electrode feed rate, pulsing gas (es), pulsed current change. Noted that currently the relevance of effective application of pulsed welding methods is obvious, as these methods create favorable conditions for the active management of melting and transfer of electrode metal, thereby possible to obtain a weld with desired properties and to improve the quality of welding.

Keywords: method of arc welding process control, pulse welding, weld.

Введение

Дуговая сварка в защитных газах занимает ведущее место при производстве сварных конструкций, поэтому многие исследователи работают в этой области над повышением качества сварных соединений, уделяя особое внимание вопросам управления процессом сварки. Накопленный большой опыт в решении этих вопросов привел к необходимости систематизации данных.

В данной статье приведен краткий обзор способов управления процессом дуговой сварки в защитных газах за последние десять лет.

Управляющее воздействие обусловлено перераспределением комплекса сил, действующих на каплю электродного металла при дуговой сварке, и в зависимости от его приложения можно выделить следующие способы управления:

- наложение внешнего магнитного поля;
- программирование скорости подачи электрода;

- импульсная подача газа(ов);
- импульсное изменение тока.

Далее более подробно представлены работы исследователей, занимающихся вышеперечисленными способами управления процессом дуговой сварки в среде защитного газа.

Управление процессом дуговой сварки за счет наложения внешнего магнитного поля

В работе [18] на основе экспериментальных исследований проведена оценка эффективности управления процессами формирования и кристаллизации швов с помощью внешних электромагнитных воздействий, основанных на применении импульсных магнитных полей, определены параметры импульсных электромагнитных воздействий для управления процессом переноса электродного металла и оптимальные градиенты и амплитуды индукции для эффективного управления процессом переноса электродного металла. Авторами установлено, что применение ЭМВ на основе аксиальных импульсных магнитных полей позволяет увеличить частоту переноса капель и соответственно уменьшить их размеры. При этом эффективность данных ЭМВ повышается с увеличением частоты импульсов УМП. В результате существует возможность снижения потерь металла электродной проволоки на разбрызгивание [20].

Авторами использована высокоскоростная кинокамера для получения зависимости между режимами переноса металла и различными магнитными полями. Изучены различные режимы переноса металла в условиях различных магнитных полей и сварочных параметров. Эксперимент показал четкость изображения переноса капли и влияние продольного магнитного поля на перенос металла и форму капель [24].

В работе [25] с помощью высокоскоростной камеры изучали условия действия на каплю силы в зависимости от параметров режима сварки, а также механизм ускорения переноса металла. Выявлено, что электромагнитное поле оказывает наиболее важное влияние на процесс переноса электродного металла, так как тип переноса металла меняется с крупнокапельного на струйный.

Управление процессом дуговой сварки за счет программирования скорости подачи электрода

В работе [22] проведен сравнительный анализ движения капли электродного металла при сварке с импульсной подачей проволоки и при непрерывной подаче, но с импульсным управлением сварочной дуги. Установлено, что при импульсном управлении сварочным током и непрерывной подаче электродной проволоки перемещение капли электродного металла имеет циклический характер.

В работе [11] определены общие и частные задачи, возникающие при дуговой механизированной сварке алюминия и его сплавов. Выявлены преимущества процесса с управляемой импульсной подачей электродной проволоки, обеспечивающего повышение качества и электропроводящих свойств сварного шва. Авторами рассмотрена возможность регулирования процесса дуговой механизированной сварки в защитном газе с короткими замыканиями дугового промежутка по временным характеристикам процесса переноса электродного металла. В качестве сигнала состояния дугового процесса выбрана скважность напряжения сварки, и по этому параметру предложено регулировать сварочный процесс в оптимальной области [10]. В работе [16] проанализированы технические и технологические характеристики процессов дуговой сварки и наплавки, полученные с применением регулируемых импульсных механизмов подачи электродной проволоки. Показано, что применение таких механизмов позволяет существенно улучшить формирование металла шва и его структуру, снизить потери электродного металла на угар и разбрызгивание, расширить зону оптимальных режимов. В работе [12] установлено, что импульсная подача электродной проволоки при сварке сталей в среде углекислого газа точками нахлесточных соединений на вертикали оказывает существенное влияние на стабилизацию процесса, формирование сварного соединения, его повторяемость, существенно улучшая эти характеристики процесса при оптимально выбранных параметрах импульсной подачи. Авторы считают, что импульсная подача, обеспечивающая управляемый перенос электродного металла, существенно влияет на энергетические характеристики сварочного процесса, значительно снижая затраты электроэнергии (в 1,3—1,8 раза) в широком диапазоне изменения параметров сварочной цепи и импульсов подачи электродной проволоки. В работе [14] рассмотрены преимущества систем с управляемой импульсной подачей электродной проволоки, которые состоят в быстрой адаптации их технических и технологических возможностей к изменяющимся задачам сварочного производства, высокой надежности и способности воспроизводить импульсы с параметрами, которые при использовании источников сварочного тока различных типов и характеристик одновременно бы удовлетворяли двум основным критериям: получению качественного сварного соединения с минимальными потерями электродного металла и дальнейшему снижению энергозатрат.

В работе [8] показано, что при сварке с импульсной подачей электродной проволоки происходит снижение тепловложения и образование более благоприятной структуры металла шва и ОШЗ, что способствует повышению механических характеристик.

Управление процессом дуговой сварки за счет импульсной подачи газа(ов)

Авторами разработана новая технология дуговой сварки в защитных газах на основе применения пульсаций газовых потоков и пульсаций потенциалов ионизации, когда впервые

в сварочной технологии использованы отдельно положительные свойства гелия и аргона. Это скорость частиц в плазме дуги, длина их пробега, степень ионизации, действие и влияние ионизаторов. Эти параметры определяют тепловую мощность дуги и давление газов. Гелий, обладая высокой текучестью, проникает в стык между кромками и обеспечивает защиту и подогрев обратной стороны шва. По сравнению с традиционной технологией дуговой сварки в защитных газах без пульсаций новая технология более эффективна для получения бездефектных швов. Новая технология реализуется без существенных затрат на предприятиях машиностроения и особенно на предприятиях, применяющих дуговую сварку в защитных газах [15]. В работе [21] показано, что применение при дуговой сварке в защитных газах попеременной импульсной подачи разнородных газов (гелия и аргона) позволило создать принципиально новый технологический процесс, сочетающий достоинство аргонодуговой (АДС) и гелиеводуговой (ГДС) сварки. Благодаря пульсирующему изменению давления в столбе дуги, вызванному различием плотности и потенциалов ионизации аргона и гелия, возникает эффект периодического ударного воздействия на сварочную ванну, обеспечивающий получение металла сварного шва с мелкозернистой структурой, высокими пластичностью и прочностью металла.

Управление процессом дуговой сварки за счет импульсного изменения тока

В работе [9] исследованы пространственная устойчивость и проплавляющая способность малоамперной дуги переменного тока при сварке тонколистового алюминия. Питание дуги осуществляется от инверторного источника, обеспечивающего прямоугольную форму выходного напряжения и возможность изменения амплитуды и длительности импульсов тока прямой и обратной полярности. Установлено, что для улучшения формы провара (уменьшения ширины швов) сварку необходимо выполнять при минимально возможных значениях амплитуды и длительности импульсов тока обратной полярности исходя из обеспечения необходимости качества катодной очистки свариваемой поверхности и стабильных повторных возбуждений дуги.

В работе [19] рассмотрены особенности адаптивных импульсных процессов сварки в различных пространственных положениях применительно к сварочно-монтажным работам при сооружении магистральных трубопроводов. Показаны их преимущества по сравнению с традиционными способами дуговой сварки и обоснованы перспективы их применения.

В работе [17] предложен вариант автоматизации процесса ИДСПЭ путем стабилизации средних значений сварочного тока и напряжения на дуге, а также применение системы автоматической стабилизации средних значений напряжения на дуге при наплавке швов из углеродистых сталей уменьшает количество коротких замыканий во время действия

линейных возмущений, что позволяет улучшить внешний вид швов и снизить разбрызгивание.

Для определения некоторых свойств электрической дуги на основании имеющихся данных различных работ авторами [1] исследована реакция дуги на возмущения, характерные для импульсных процессов сварки — с короткими замыканиями дугового промежутка и импульсно-дуговой сварки.

В работе [26] представлена система исследования и синхронного обнаружения воздействия параметров сварки на качество сварки и капельный перенос для получения и анализа электрического сигнала и мгновенного одновременного изображения переноса капель. Система основана на разработанном программном переключаемом инверторе. Результаты показывают, что мгновенные формы волны и статистические данные электрического сигнала способствуют получению полной оценки качества сварки и оптимизированных высокоскоростных изображений процесса переноса капли.

В работе [13] представлены современные импульсные источники питания с синергетическим управлением процессом ИДСПЭ, которые позволяют расширить диапазоны толщин свариваемых металлов в сторону меньших их значений. При этом оптимизация режимов сварки, обеспечивающих стабилизацию равномерного формирования корня шва, приводит к повышению качества соединений тонколистовых алюминиевых сплавов.

В работе [23] при определении действующего значения импульсного тока выявлено следующее: использование среднеквадратичного значения импульсного тока дуги в качестве действующего значения не всегда является корректным; при работе на участке ВАХ дуги с постоянством напряжения дуги действующим является среднее значение импульсов тока; при широком диапазоне изменения тока дуги с перемещением рабочей точки по разным участкам ВАХ для технологических целей целесообразно ориентироваться на тепловую мощность или энергию за период следования импульсов тока.

Начиная с 2002 года авторами представлен ряд статей, в которых рассмотрены особенности импульсного управления процессом сварки длинной дугой в углекислом газе [2; 5-7], а также представлены разработанные способы и устройства для их реализации [3-4].

Таким образом, представленный литературный обзор статей российских и зарубежных исследователей показывает, что для повышения эффективности процесса дуговой сварки в защитных газах разрабатываются различные способы управления за счет наложения внешнего магнитного поля, программирования скорости подачи электрода, импульсной подачи газа(ов), импульсного изменения тока.

Вывод

В настоящее время актуальность эффективного применения импульсных способов сварки очевидна, так как данные методы создают наиболее благоприятные условия для активного управления плавлением и переносом электродного металла, тем самым позволяют повысить качество сварки и получить сварной шов с заданными свойствами.

Список литературы

1. Дюргеров Н.Г., Сагиров Д.Х. Определение свойств дуги при импульсных процессах сварки // Сварочное производство. – 2004. – № 4. – С. 14-18.
2. 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.
3. Князьков А.Ф., Крампит Н.Ю. Способ импульсно-дуговой сварки в среде углекислого газа // Ремонт, восстановление и модернизация. – 2005. – № 1. – С. 23-25.
4. Князьков А.Ф., Крампит Н.Ю. и др. Устройство и способ для дозирования энергии, идущей на расплавление капель электродного металла при сварке в CO_2 длинной дугой // Автоматизация и современные технологии. – 2005. – № 10. – С. 19–21.
5. Крампит Н.Ю., Крампит А.Г., Князьков С.А. Особенности импульсного управления процессом сварки длинной дугой в углекислом газе // Автоматизация и современные технологии. – 2002. – № 9. – С. 12-15.
6. Крампит Н.Ю. Повышение стабильности процесса при сварке в углекислом газе длинной дугой // Сварочное производство. – 2010. – № 2. – С. 26-29.
7. Крампит Н. Ю., Крампит А. Г., Крампит М. А. Процесс сварки с импульсным питанием при производстве цилиндров шахтных крепей // Горное машиностроение: отдельный выпуск Горного информационно-аналитического бюллетеня. – 2012. – № 3. – С. 30-38.
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. Лапин И.Е., Косович В.А., Потапов А.Н., Русол О.А. Пространственная устойчивость дуги и формирование шва при сварке тонколистового алюминия разнополярными импульсами тока прямоугольной формы // Сварочное производство. – 2001. – № 5. – С. 3-6.
10. Лебедев В.А., Кузьмин И.С, Новгородский В.Г. Управление процессом механизированной сварки в углекислом газе с использованием параметров переноса электродного металла // Сварочное производство. – 2002. – № 5. – С. 6-14.

11. Лебедев В.А. Некоторые особенности дуговой механизированной сварки алюминия с управляемой импульсной подачей электродной проволоки // Сварочное производство. – 2007. – № 11. – С. 26-30.
12. Лобанов Л.М., Лебедев В.А., Максимов С.Ю. Новые возможности механизированной дуговой точечной сварки с применением импульсных воздействий // Автоматическая сварка. – 2012. – № 5. – С. 17-22.
13. Машин В.С., Пашуля М.П., Шонин В.А. Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом в аргоне тонколистовых алюминиевых сплавов // Автоматическая сварка. – 2010. – № 5. – С. 49-53.
14. Мозок В.М., Лебедев В.А. Дополнительные особенности технологий дуговой механизированной и автоматической сварки с импульсной подачей электродной проволоки // Сварочное производство. – 2010. – № 2. – С. 34-38.
15. 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 // Сварщик – профессионал. – 2006. – № 6. – С. 10-13.
16. Патон Б.Е., Лебедев В.А., Пичак В.Г. Анализ технических и технологических возможностей импульсной подачи электродной проволоки в процессах дуговой сварки и наплавки // Сварочное производство. – 2002. – № 2. – С. 24-31.
17. Патон Б.Е., Шейко П.П., Жерносеков А.М. Стабилизация процесса импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом // Автоматическая сварка. – 2003. – № 8. – С. 3-6.
18. Рыжов Р.Н. Влияние импульсных электромагнитных воздействий на формирование и кристаллизацию швов // Автоматическая сварка. – 2007. – № 2. – С. 56-58.
19. Сараев Ю.Н. Адаптивные импульсно-дуговые методы механизированной сварки при строительстве магистральных трубопроводов // Сварочное производство. – 2002. – № 1. – С. 4-11.
20. 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.
21. 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.
22. 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.

23. Чернявский Н.И., Казаков Ю.В., Короткова Г.М. Определение действующего значения импульсного тока при аргонодуговой сварке алюминия неплавящимся электродом // Сварочное производство. – 2012. – № 8. – С. 12-16.
24. 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.
25. Huang Jiankang, Han Rihong, Shi Yu, Fan Ding, Zhang Yuming // J. Mech. Eng. – 2012. - Vol. 48, № 8. – P. 44-48.
26. Yao Ping, Xue Jiayang, Huang Wenchao, Zhang Rui. Analysis of droplet transfer of pulsed MIG welding based on electrical signal and high-speed photography // China Weld. – 2009. - Vol. 18, № 1. – P. 67-72.

Рецензенты:

Смирнов А.Н., д.т.н., директор ООО «Кузбасский центр сварки и контроля», г. Кемерово.
Сапожков С.Б., д.т.н., профессор кафедры сварочного производства Юргинского технологического института Томского политехнического университета, г. Юрга.