

предложены алгоритмы управления скоростью подачи, позволяющие ещё больше снизить разбрызгивание и увеличить производительность. Технология «Speed Root» предназначена для сварки корня шва с зазором шириной до 8 мм методами «MIG-MAG». Создаются управляемые колебания сварочной ванны в направлении электрода. Перенос капли в ванну происходит при коротком замыкании без тока в момент движения ванны от электрода, что уменьшает температуру металла [3].

Фирма «Kemppi» свои алгоритмы управления представляет под торговой маркой «Wise». Полуавтоматическая и автоматическая сварка корня шва с зазором выполняется технологией «Wise Root» с поперечными колебаниями электрода. Система управления контролирует объём ванны и периодически отключает подачу проволоки, давая время металлу остыть. Технология «Wise Thin» позволяет сваривать металл толщиной до 0,6 мм.

В работе по эффективности стабилизации сварочного тока при полуавтоматической сварке показано, что колебания руки сварщика могут накладываться на скорость движения проволоки к поверхности изделия, увеличивая потери металла и ухудшая формирование шва. Стабилизировав реальную скорость подачи проволоки в дугу, можно снизить разбрызгивание. Особенно заметный эффект регулирования скорости подачи проволоки можно получить при сварке вертикальных швов. Такой способ управления пока не используется в серийном оборудовании.

В советский период было выполнено много разработок, опережавших своё время. Сейчас они внедряются в производство ведущими фирмами под различными торговыми марками. По мере развития элементной базы возможности импульсной подачи проволоки будут расширяться. Перспективными направлениями улучшения являются увеличение надёжности импульсной подачи проволоки, расширение диапазонов регулирования подачи проволоки, надёжная защита от всех, даже редко встречающихся аварийных случаев. Для обратных связей будут использоваться размеры капли и ванны, их температура, состав аэрозолей выделяемых дугой. Появятся алгоритмы управления для работы в микросекундном диапазоне. Скорость подачи проволоки будет регулироваться в соответствии с колебаниями руки сварщика.

Литература.

1. Управление процессом дуговой сварки путём программирования скорости подачи электродной проволоки / Б.Е. Патон, Н.М. Воропай, В.Н. Бучинский и др. // Автоматическая сварка. – 1977. – № 1. – с. 1 – 5.
2. Электромагнитные механизмы импульсной подачи сварочной проволоки / Н.М. Воропай, О.Н. Савельев, С.С. Семергеев // Автоматическая сварка. – 1980. – № 1. – с. 46 – 49.
3. Транзисторные источники питания для электродуговой сварки (обзор) / А.В. Лебедев // Автоматическая сварка. – 2012. – № 9. – с. 34 – 40.

ПАРАМЕТРЫ ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ИМПУЛЬСНО-ДУГОВОЙ СВАРКИ

Е.М. Буракова, студент группы 10680

Научный руководитель: Крампит Н.Ю.

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского

Томского политехнического университета

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

E-mail: nkrampit@mail.ru

Одной из основных задач в области теории сварочных процессов является доведение и взаимная увязка математических моделей, описывающих многообразие явлений. Развитие вычислительной техники и удорожание экспериментальных исследований повысили интерес к компьютеризации в области сварки и родственных технологий. Проводимые работы по этой проблеме в настоящее время можно условно разделить на пять направлений:

- проведение научных исследований;
- проектирование сварных соединений и узлов;
- проектирование технологий;
- управление технологическими процессами;
- контроль сварных конструкций во время эксплуатации.

Технологические преимущества импульсно-дуговой сварки позволяют создавать новые более совершенные способы и разрабатывать более эффективное сварочное оборудование, имеющее ши-

рокие возможности для управления технологическими процессами. Однако, особенностью процесса импульсно-дуговой сварки является большее число параметров режима сварки в отличие от сварки стационарной дугой.

Для описания явлений, протекающих в процессе сварки, необходимо разработать модель, которая учитывала бы особенности выбранного способа сварки. Однако, разработка модели сварочных процессов – это всего лишь приближения к оригинальному процессу, который стараются идеализировать и упростить для лучшего представления сварочных процессов. Во-первых, необходимо установить конечную задачу, а именно получение качественного сварного соединения. Для получения бездефектного сварного соединения сварочная дуга должна обеспечивать:

- пространственную устойчивость;
- управляемый перенос электродного металла;
- требуемые геометрические размеры столба сварочной дуги;
- необходимые величины силового и теплового воздействия.

Во-вторых, необходимо установить взаимосвязь между параметрами процесса сварки. Модель управления процессом сварки должна включать в себя входные, внутренние и выходные параметры (рис. 1).



Рис. 1. Параметры феноменологической модели управления процессом импульсно-дуговой сварки

Входные параметры:

- режим сварки (ток, напряжение, скорость подачи электродной проволоки, диаметр электрода, состав электрода, вылет электрода);
- защитная среда (активный газ, инертный газ, смесь газов, флюс);
- способ сварки (механизированная или автоматическая).

Внутренние параметры:

- силы, действующие на жидкий металл сварочной ванны;
- световое излучение;
- тепловое излучение.

Выходные параметры:

- геометрические размеры сварного шва: ширина, глубина проплавления, высота;
- геометрические размеры столба сварочной дуги;
- геометрические размеры сварочной ванны.

В-третьих, необходимо провести расчет данных параметров. При составлении математических уравнений описываются процессы в сварочной дуге и сварочной ванне с учетом явлений электродинамики, теплопроводности, гидродинамики.

В-четвертых, необходимо провести сравнительный анализ полученных расчетных данных с результатами эксперимента.

Таким образом, установление взаимосвязи между параметрами дает определенные возможности при создании феноменологической модели для управления процессом сварки.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ИМПУЛЬСНЫХ СПОСОБОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СВАРКИ

Е.М. Буракова, М.А. Крампит, студенты группы 10680,

Л.Н. Зубенко, студент группы 10А22

Научный руководитель: Крампит Н.Ю., к.т.н., доцент

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского

Томского политехнического университета

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

Управление сварочной дугой и ее свойствами необходимо для повышения стабильности горения дуги и получения направленного переноса электродного металла в сварочную ванну, что особенно актуально при сварке в положениях, отличных от нижнего, а также воздействия на процессы, протекающие в сварочной ванне в околошовной зоне.

Существуют два способа управления свойствами сварочной дуги: внутренний и внешний. К внутреннему относятся: изменение состава газовой среды, активация электрода, изменение химического состава электрода. К внешнему способу можно отнести: вибрация электрода, создание магнитного поля, программирование скорости подачи электрода, импульсное изменение тока и напряжения [1]. Рассмотрим более подробно два последних способа.

Программирование скорости подачи электрода, или импульсная подача электродной проволоки позволяет добиться принудительных замыканий дугового промежутка. Один цикл каплепереноса протекает в 4 этапа:

- формирование капли за счет плавления электродной проволоки;
- движение электродной проволоки;
- торможение капли;
- короткое замыкание [2].

Объяснить увеличение коэффициента наплавки при импульсной подаче электродной проволоки можно следующими причинами:

- управляемым процессом образования капли электродного металла;
- отсутствием больших значений токов короткого замыкания;
- увеличение тока в импульсе подачи способствует росту коэффициента плавления [3].

К импульсному изменению тока и напряжения относят сварку модулированным током, импульсно-дуговую сварку и сварку пульсирующей дугой.

Сварка модулированным током позволяет более тонко дозировать теплоту, поступающую в сварочную ванну; облегчает сварку в вертикальном и потолочном пространственном положениях; обеспечивает управляемый мелкокапельный перенос основного металла. Осциллограммы тока по времени имеют самые различные формы, но общая суть их остается одна: идет чередование высокой и низкой силы тока [4].

Импульсно-дуговая сварка снижает разбрызгивание электродного металла, обеспечивает управляемый перенос. Во время паузы горит дежурная дуга, служащая для поддержания горения, либо плавления электрода. В момент подачи импульса тока происходит формирование капли и перенос ее в сварочную ванну.

Существует большое количество способов импульсно-дуговой сварки. *Подогрев электродной проволоки* повышает эффективность сварочных работ в 2-3 раза [5]. *Двухдуговая сварка "расцепленным" электродом* с общим токоподводом применяется с целью повышения коэффициента наплавки, увеличения скорости сварки. В процессе сварки происходят короткие замыкания между одной из электродных проволок и ванной, а также прекращается горение дуги на второй проволоки. *Увеличение вылета электродной проволоки* применяют для получения более чистого слоя наплавленного металла. При увеличении вылета электрода ширина шва и глубина проплавления уменьшается, а выпуклость шва увеличивается [6]. При процессе *SpeedPulse* обеспечиваются уменьшенное тепловложение, улучшенный провар и четкое формирование шва. Отличие от традиционного импульсного процесса заключается в том, что во время пауз между импульсами на долю миллисекунды включается струйный процесс сварки, тем самым перенос электродного металла происходит и между импульсами тоже [7]. *Сварочный процесс STTTM* (сокращение от английского термина Surface Tension Transfer – перенос за счет сил поверхностного натяжения) преемник обычного сварочного процесса MIG/MAG с переносом короткими замыканиями [8]. Однако STTTM принципиально отличается от него возможностью прямого управления условиями переноса в сварочную ванну наплавленного ме-

талла. *Технология forceArc* обеспечивает дугу со струйным переносом без коротких замыканий дугового промежутка. Высокая скорость передачи сигнала по системе обратных связей и малая индуктивность сварочного контура силового инвертора позволяет ограничить размер капли расплавленного металла и мгновенно корректировать сварочный ток, не позволяя, тем не менее, процессу переходить в режим коротких замыканий. *ColdArc* разработан с целью создания процесса малой мощности без механического вмешательства в подачу проволоки [9]. При подогреве проволоки током паузы нет потерь мощности, как в устройствах, использующих балластное сопротивление [10]. Сутью процесса с двойными импульсами является модулирование высокочастотного несущего сварочного тока, вырабатываемого силовым инвертором, низкочастотными импульсами, которые формируются вторичным инвертором. При этом существенно изменяется форма импульса и соотношения ток/пауза. За счет изменения формы импульса и угла наклона фронта волны импульса появляется возможность получения управляемого мелкокапельного переноса в режиме короткого замыкания.

Сварка пульсирующей дугой представляет собой специализированный процесс сварки со струйным переносом металла. При горении пульсирующей дуги в инертных газах может наблюдаться очень мелкокапельный перенос электродного металла. Импульсы высокого напряжения быстро обеспечивают глубину расплавления основного металла, но не вызывают интенсивного разогрева материала. Фоновый ток при этом поддерживает нужное состояние дуги между импульсами. По сравнению с постоянной дугой пульсирующая усиливает проникновение, не повышая температуру соединения.

Процесс импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом имеет существенные технологические преимущества по сравнению с обычной сваркой плавящимся электродом в защитных газах: управляемый и направленный перенос электродного металла; малые потери металла на угар и разбрызгивание; возможность сварки длинной дугой на низких режимах; возможность выполнения сварки во всех пространственных положениях и упрощение техники сварки; уменьшение сварочных деформаций; улучшение качества сварных соединений благодаря большей концентрации энергии источника нагрева и лучшим условиям первичной кристаллизации; облегчение начального зажигания дуги; улучшение технологии сварки в щелевую разделку; улучшение санитарно-гигиенических условий труда благодаря уменьшению выделения аэрозолей.

Анализ литературных данных показывает, что технологические преимущества, получаемые при импульсно-дуговой сварке, привели к проведению интенсивных работ, как в России, так и за рубежом по созданию новых, более совершенных способов импульсно-дуговой сварки и разработке более эффективного сварочного оборудования, имеющего широкие возможности для регулирования амплитуды, частоты и длительности импульсов сварочного тока.

Таким образом, импульсные методы позволяют повысить качество сварного соединения, уменьшить разбрызгивание, улучшить условия для сварки материалов с плохой свариваемостью.

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 в различных пространственных положениях и получить сварной шов с заданными свойствами.

Литература.

1. Крампит Н.Ю., Крампит А.Г. Управление процессом плавления и переноса при сварке в углекислом газе длинной дугой. Монография. – 2009. 215с.
2. Зернин Е.А. Распределение температурных полей при сварке в смеси газов с импульсной подачей электродной проволоки // Сварочное производство. – 2011. – №1 – С. 35-36.
3. Мозок В.М. Дополнительные особенности технологии дуговой механизированной и автоматической сварки с импульсной подачей электродной проволоки // Сварочное производство – 2010. – №2 – С. 34-38.
4. Шигаев Т.Г. Сварка модулированным током // Итоги науки и техники. Сварка. Том 17 – 1985. – С.91-133
5. Жерносеков А.М., Андреев В.В. Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом (обзор) // Автоматическая сварка. – 2007. – №10 – С. 48-52.
6. Жерносеков А.М. Влияние вылета электрода на параметры шва при импульсно-дуговой сварке сталей // Автоматическая сварка. – 2004. – №8. – С. 52-53.
7. <http://shtorm-lorch.ru>
8. <http://www.intertehno.ru/articles/c4/35/>
9. <http://www.ewm-russia.ru/articles/coldarc.php>
10. Крампит А.Г., Крампит Н.Ю., Крампит М.А. Устройство, использующее подогрев электродной проволоки // Ремонт, восстановление и модернизация. – 2011. – №7. – С. 9-10.