

## УПРАВЛЕНИЕ ПЕРЕНОСОМ ЭЛЕКТРОДНОГО МЕТАЛЛА ПРИ ДУГОВОЙ СВАРКЕ В ЗАЩИТНЫХ ГАЗАХ

*Д.В. Тюрин, студент группы 10680*

*Научный руководитель: Филонов А.В.*

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

Важнейшим фактором, определяющий производительность дуговой сварки и качество сварных швов является оптимизация параметров процесса в заданном диапазоне. Алгоритм управления процессом должен предусматривать комплекс взаимосвязанных параметров, например, размер электродных капель, частоту их переноса, длительность пребывания расплавленного металла в жидком состоянии, погонную энергию, форму и геометрию шва. Характер переноса металла при сварке плавящимся электродом оказывает существенное влияние на технологические возможности того или иного способа сварки, металлургические реакции в зоне плавления, механические и другие свойства соединения.

Крупнокапельный перенос затрудняет механизацию процесса сварки в защитных газах, особенно при выполнении швов в положениях, отличных от нижнего, увеличивает разбрызгивание, в ряде случаев не обеспечивает стабильного качества соединений, в частности металла малых толщин. При дуговой сварке плавящимся электродом диапазон рабочих токов может быть значительно расширен путем импульсной подачи электродной проволоки по программе, обеспечивающей принудительный перенос расплавленного металла в ванну [1].

При сварке с короткими замыканиями дугового промежутка в аргоне и углекислом газе устойчивость горения дуги улучшается, стабилизируется частота коротких замыканий. При сварке без коротких замыканий для управляемого переноса электродного металла во всех пространственных положениях требуются токи в 2...3 раза меньшие, чем для начала струйного переноса при постоянной подаче проволоки. В оптимальном диапазоне режимов снижаются потери металла на угар и разбрызгивание, улучшаются формирование швов и их механические свойства [2].

Инверторные источники питания дают возможность управлять плавлением и переносом электродного металла. Фирма «Lincoln Electric» разработала способ переноса металла при сварке в CO<sub>2</sub> силами поверхностного натяжения (Surface Tension Transfer). Основными его преимуществами являются уменьшение разбрызгивания, стабильность процесса сварки, меньшее количество дыма. В России похожее управление применяет «ТехноТрон» при сварке корневых швов трубопроводов. Исследование переноса металла силами поверхностного натяжения проводилось ранее в Институте электросварки им. Е.О. Патона и Институте электродинамики НАН Украины.

Фирма «Fronius» разработала способ управления переносом металла с торговой маркой СМТ – (Cold Metal Transfer). Во время короткого замыкания проволока оттягивается назад, протекание тока прекращается, капля переходит в ванну без брызг. Уменьшается нагрев изделия и выделение вредных веществ. Подобные работы по ускорению перехода металла с помощью пульсирующей подачи проволоки проводили в Институте электросварки им. Е. О. Патона в 1970-е годы. В СМТ – «Advanced» полярность напряжения на электроде изменяется во время короткого замыкания. Отрицательная полярность увеличивает скорость плавления электрода. На положительной полярности обеспечивается контролируемый прецизионный перенос металла. Соотношения между положительными и отрицательными полярностями определяются индивидуально.

Фирма «Logch» объединила несколько алгоритмов управления под общей торговой маркой «Speed» – (Скорость). По сравнению с обычной импульсно-дуговой сваркой «Speed Pulse» уменьшает диаметр капель и увеличивает их количество. Перенос металла становится похожим на струйный. Увеличивается провар и производительность на 48 %. Технология «Speed Arc» предназначена для сварки металла толщиной до 15 мм в узкую разделку за один проход. Увеличенный вылет электрода способствует предварительному нагреву проволоки и повышению скорости плавления на 30 %. Подобные исследования систем автоматического управления при сварке с увеличенным вылетом были начаты в 1970-е годы. Для полуавтоматической сварки вертикальных швов применяют технологию «Speed Up». В горячей фазе горения дуги увеличенный ток расплавляет материал. В холодной стадии небольшой ток обеспечивает точное заполнение шва. Похожий способ приведён в работе по управлению скоростью подачи проволоки при механизированной сварке вертикальных швов. Там же исследованы траектории движения держателя при полуавтоматической сварке вертикальных швов и

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-