

УДК 62-523.8

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РУЧНОЙ И МЕХАНИЗИРОВАННОЙ АРГОНОДУГОВОЙ СВАРКИ КАК ОБЪЕКТА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ

В.В. Мюллер

Самарский государственный технический университет
Россия, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

Приведены результаты исследования ручного процесса аргонодуговой электросварки неплавящимся электродом как объекта автоматической стабилизации и управления. В ходе работы выявлена многокритериальность процесса, предложена система оценки качества процесса сварки, а также функциональная схема и механизм горелки для реализации системы автоматической стабилизации процесса.

Ключевые слова: *аргонодуговая сварка, неплавящийся электрод, многокритериальный объект управления, контролируемые возмущения, неконтролируемые возмущения, параметры режима сварки, геометрические размеры сварного шва, горелка для дуговой сварки.*

Введение

Аргонодуговая сварка неплавящимся электродом в данный период развития сварочного производства является одним из наиболее прогрессивных и применяемых способов получения неразъемных соединений. Благодаря высокому качеству и высокому уровню автоматизации данный способ получил широкое распространение во всех отраслях отечественной промышленности. В то же время из-за специфики процесса, применяемого оборудования и формы сварных узлов не всегда возможно выполнить автоматическую сварку – доля ручной сварки зачастую достигает 70 %.

Процесс аргонодуговой сварки неплавящимся электродом как многокритериальный объект управления

Процесс аргонодуговой сварки неплавящимся электродом характеризуется наличием взаимосвязанных параметров процесса. Некоторые выходные параметры технологического процесса (например, ширина и высота шва, ширина и высота обратного валика) могут быть измерены в процессе сварки прямым или косвенным путем. Такие параметры являются контролируемыми. Но большинство качественных показателей (например, склонность к горячим или холодным трещинам, степень дендритной ликвации) в ходе сварки измерить невозможно – данные параметры относят к неконтролируемым. Таким образом, технологический процесс аргонодуговой сварки является многокритериальным объектом с не полностью контролируемым выходом.

В нормативно-технической документации [1, 2] к критериям качества сварного соединения, независимо от категории сварного шва, предъявляются требования по геометрическим характеристикам.

Вместе с этим значение критериев качества зависит также от режима сварки,

Виктор Иванович Мюллер, аспирант.

толщины собранных под сварку деталей, марки материала деталей и их состояния поставки, а также некоторых других факторов. Следовательно, для аргонодуговой сварки характерен многомерный вход, который включает в себя контролируемые и неконтролируемые параметры. Контролируемые входные параметры состоят из контролируемых возмущений и управляющих переменных.

В случае необходимости отдельного изменения компонентов показателей качества сварного шва количество управляющих воздействий должно быть не меньше числа регулируемых показателей. Однако на современном этапе развития сварочного производства разработанные системы управления процессами аргонодуговой сварки неплавящимся электродом таковы, что число управляющих воздействий меньше числа регулируемых показателей. Поэтому технологический процесс аргонодуговой сварки относится к не полностью управляемым объектам.

Непосредственно в процессе аргонодуговой сварки одновременно протекает множество сложных взаимосвязанных физико-химических процессов (возбуждение и горение электрической дуги, формирование термического поля, перенос и смешивание металла, дегазация металла, структурные превращения и т. д.). Во время сварки все эти процессы подвергаются воздействию исходных переменных процесса, что приводит к конечному формированию сварного шва. В связи с этим разделить процесс сварки как объект управления на несколько отдельных процессов меньшей сложности на практике не представляется возможным.

Система оценки качества стабилизации процесса ручной и механизированной аргонодуговой сварки

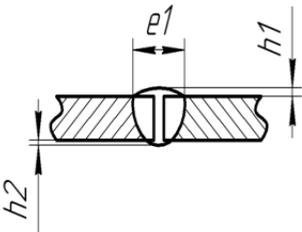
Технологический процесс аргонодуговой сварки неплавящимся электродом вполне изучен – определены оптимальные режимы и приемы выполнения, которые позволяют с большой долей вероятности гарантировать получение качественного соединения [3, 4, 5, 6]. Но в реальном производстве действуют различные возмущения, напрямую влияющие на качество сварного шва. Поэтому в итоге сварной шов может быть сформирован с дефектами, которые в зависимости от их характера классифицируются как допустимые без доработки, допустимые с доработкой и недопустимые.

На АО «Авиаагрегат» качество сварного шва определяется производственными инструкциями, разработанными ОАО «НИАТ», – ПИ 1.4.1898-2003 [2] и ПИ 1.4.75-2000 [1]. Для однопроходной ручной или механизированной сварки бескосового стыкового соединения толщиной S от 2,0 до 3,0 мм требования к геометрическим размерам сварного шва (ширина шва e_1 , высота шва h_1 , высота обратного валика шва h_2) приведены в таблице.

Анализ литературных источников [7, 8] показывает, что равномерное формирование геометрических размеров сварного шва приводит к повышению качества соединения.

Основываясь на вышеизложенном, для построения системы стабилизации ручной и механизированной аргонодуговой сварки неплавящимся электродом при разработке системы автоматической стабилизации за основной параметр качества принимаем e_1 – ширину сварного шва. Дополнительным параметром качества, обеспечивающим постоянство термического цикла, принимаем постоянство длины/напряжения электрической дуги.

Форма и размеры шва

	Производственная инструкция	S	e1	h1	h2
	ПИ 1.4.75-2000	2,0–2,9	$\leq 7,5$	1,0(+0,5; -1,0)	0 ^{+0,1}
ПИ 1.4.1898-2003	2,0–3,0	$\leq 14,0$	0,5 ^{+0,5}	0,3 ^{+0,3}	

Ручная и механизированная сварка как объект автоматической стабилизации. Классификация возмущений

При рассмотрении автоматической дуговой сварки как объекта управления применяется система «источник питания – дуга – сварочная ванна», разработанная в МГТУ им. Н.Э. Баумана [7, 9, 10, 11, 12, 13, 14]. Основу данного метода составляет последовательный анализ динамических связей в системах «источник питания – дуга» и «дуга – сварочная ванна». В качестве объекта управления рассматривается сварочная ванна, ее динамические и статические характеристики. Основные результаты, полученные при реализации этого подхода, нашли свое применение при автоматизации процессов сварки неплавящимся электродом [15].

Данная система адекватна также для автоматической стабилизации процесса ручной и механизированной аргодуговой сварки неплавящимся электродом. Структурная схема рассматриваемой системы приведена на рис. 1.

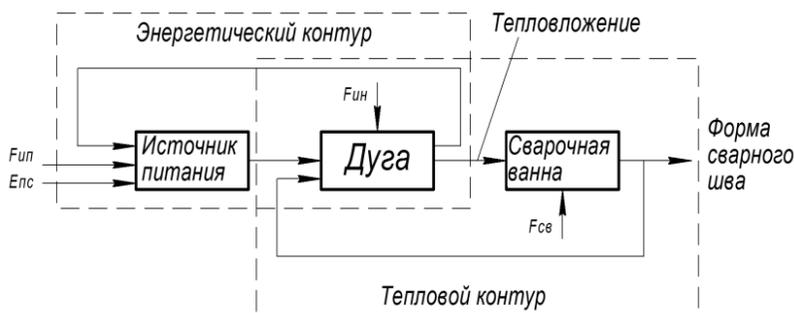


Рис. 1. Структурная схема системы «источник питания – дуга – сварочная ванна»: $E_{пс}$ – питающая сеть; $F_{ип}$ – возмущения в источнике питания; $F_{ин}$ – возмущения в источнике нагрева (дуге); $F_{св}$ – возмущения в сварочном контуре

Источник питания (выпрямитель, трансформатор и т. д.) преобразует электроэнергию промышленной сети в форму источника нагрева (в рассматриваемом случае – в электрическую дугу), который осуществляет термическое воздействие на свариваемый и присадочный материал, поэтому формирование сварного шва рассматривается как результат функционирования этой системы [7, 16]. Объект автоматической стабилизации включает в себя источник питания, электрическую дугу и сварочную ванну [13].

Все элементы системы «источник питания – дуга – сварочная ванна» образуют двухконтурную электрогидродинамическую систему, при этом объект автоматической стабилизации является многомерным и многосвязным – воздействие любого возмущения на систему приводит к одновременному изменению всех ее элементов. В данной системе принято выделять два независимых контура [7]:

- энергетический (система «источник питания – дуга»), обеспечивающий преобразование и поступление энергии к дуге;
- тепловой (система «дуга – сварочная ванна»), обеспечивающий передачу энергии дуги в свариваемый металл.

В ходе сварки в зависимости от воздействия возмущений на независимые контуры возможны длительные, кратковременные и периодические отклонения параметров режима от номинальных. Исходя из состава применяемых в автоматической системе стабилизации датчиков возмущения могут быть контролируемые и неконтролируемые.

В приведенной на рис. 1 структурной схеме плохо поддаются анализу входные управляющие (стабилизирующие) воздействия и воздействия возмущений, а также выходные параметры качества соединения. На рис. 2 представлен способствующий решению данной проблемы процесс ручной и механизированной сварки как объект автоматической стабилизации с указанием входных координат, выходных координат и возмущающих воздействий.

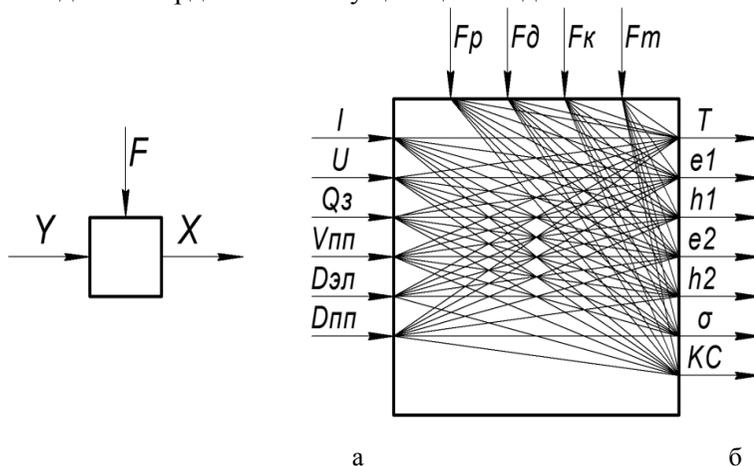


Рис. 2. Структурная схема процесса ручной и механизированной сварки как объекта автоматической стабилизации

Здесь (рис. 2, а) Y – вектор контролируемых входных воздействий (регулируемые режимы процесса сварки – сила тока, величина напряжения, скорость подачи защитного газа и т. д.); F – вектор возмущающих воздействий, вызванных

конструктивными особенностями собранного под сварку изделия, отклонениями параметров режима от заданных, междуговым промежутком и прочими причинами; X – вектор контролируемых и неконтролируемых выходных координат, в качестве которых выступают геометрические размеры шва и качественные показатели сварного соединения (прочность сварного шва, ударная вязкость сварного шва, требуемая структура шва и зоны термического влияния и прочие параметры).

На рис. 2, б применительно к источникам питания для ручной и механизированной аргонодуговой сварки неплавящимся электродом в качестве контролируемых заданных входных воздействий (заданный режим сварки) Y выступают: величина сварочного тока I , величина напряжения дуги U , величина подачи аргона Q_3 , скорость подачи присадочной проволоки $V_{пп}$, диаметр вольфрамового электрода $D_{эл}$ и диаметр присадочной проволоки $D_{пп}$. Возмущающие воздействия, возникающие в процессе формирования шва при аргонодуговой сварке, разделены на возмущения по параметрам режима F_p , возмущения по форме и расположению дуги F_d , конструктивные возмущения F_k и технологические возмущения F_t . В качестве выходных координат принимаются: температура сварочной ванны T , ширина шва e_1 , высота шва h_1 , ширина обратного валика шва (проплава) e_2 , высота обратного валика шва (проплава) h_2 , прочность сварного шва σ и ударная вязкость соединения KC . В связи с тем, что аргонодуговая сварка является специальным технологическим процессом, механические и физико-химические свойства шва (прочность, ударная вязкость, микро- и макроструктура, склонность к трещинообразованию и т. п.) не контролируются в ходе сварки, поэтому гарантировать качество шва можно только соблюдением требований нормативно-технической документации, а отклонения от требуемых параметров могут быть выявлены только в ходе применения методов разрушаемого контроля [17, 18]. Данное обстоятельство обуславливается тем, что на современном этапе развития сварочного производства не разработаны устройства автоматического контроля и стабилизации геометрических характеристик шва в процессе сварки, что делает невозможным построение автоматических систем стабилизации или управления с обратной связью по отклонению этих показателей. Поэтому для качественного формирования соединения применяются системы косвенной стабилизации.

При изучении результатов многочисленных исследований [3, 7, 13, 19, 20, 21] определены возмущения, наиболее сильно влияющие на качество шва. В энергетическом контуре это возмущения по параметрам режима – величина силы сварочного тока, величина напряжения дуги и скорость сварки. В тепловом контуре это неравномерность зазора, смещение дуги, неравномерность толщины изделия, а также структурная и химическая неоднородность свариваемого материала.

По аналогии с работой [22] на рис. 3 и 4 показаны косвенные параметры (температуры сварочной ванны T , длины дуги L , скорости сварки V и скорости подачи присадочной проволоки $V_{пп}$) технологического процесса ручной и механизированной аргонодуговой сварки неплавящимся электродом как объекта автоматической стабилизации. Скорость сварки рассматривается условно – данный параметр выполняется вручную непосредственно рабочим-сварщиком, скорость подачи присадочной проволоки на рис. 3 не рассматривается – при ручной аргонодуговой сварке она подается в зону сварки рабочим-сварщиком вручную.

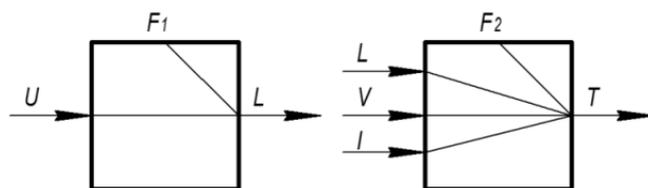


Рис. 3. Технологический процесс ручной аргодуговой сварки неплавящимся электродом как объект автоматической стабилизации

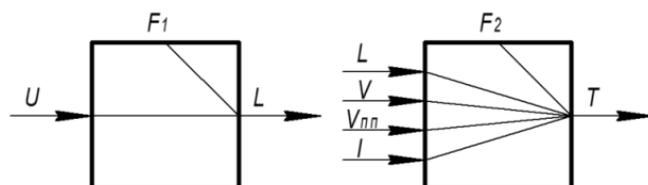


Рис. 4. Технологический процесс механизированной аргодуговой сварки неплавящимся электродом как объект автоматической стабилизации

Здесь F_1 и F_2 – неконтролируемые возмущения, вызванные колебаниями в питающей сети и источнике питания, неточностями сборки, нестабильностью выполнения своих функций рабочим-сварщиком и прочими причинами; контролируемые входные воздействия: I – величина сварочного тока, U – величина напряжения дуги.

Из рис. 4 видно, что изменение температуры шва возможно следующими входными координатами: L , V , $V_{пп}$ и I . Любая из приведенных координат может быть использована как управляющая в автоматической системе стабилизации. При принятии одной координаты как управляющей остальные станут контролируемыми возмущающими воздействиями.

Методы теории автоматического управления позволяют нивелировать влияние возмущений в тепловом контуре на выходные параметры качества соединения. В данном случае не требуется измерять возникшее возмущение, построенная система автоматического регулирования должна помещать точку приложения возмущения внутри замкнутого контура системы регулирования. В том случае, если возмущение легко измеримое, его воздействие можно ослабить построением системы регулирования с управлением непосредственно по возмущению или построением комбинированной системы регулирования по отклонению выходной величины и управлению по возмущению. В определенных условиях данная система является полностью инвариантной по отношению к рассматриваемому возмущению [13].

Другим способом повышения качества сварного шва является применение систем стабилизации по параметрам режима сварки, компенсирующих одно или несколько возмущений в энергетическом контуре. Однако при возникновении возмущений, действующих на сварочную ванну, такие системы малоэффективны.

Еще одним подходом является использование системы регулирования температуры зоны термического влияния, что обеспечивает компенсацию возмущений в тепловом контуре.

Оптимальным вариантом является построение системы автоматического ре-

гулирования, совмещающей в себе два последних способа, – это позволяет уменьшить действие контролируемых возмущений и за счет обратной связи снизить влияние неконтролируемых возмущений и неточностей в самой системе регулирования [23, 24, 25].

При разработке системы автоматической стабилизации процесса ручной и механизированной аргодуговой сварки неплавящимся электродом необходимо учитывать только доминирующие технологические возмущения, оказывающие непосредственное влияние на свойства сварного шва.

В процессе ручной и механизированной сварки неплавящимся электродом в функции рабочего-сварщика входит управление скоростью сварки, управление траекторией движения сварочной горелки и поддержание длины дуги. Наиболее важным является стабильное поддержание длины дуги, изменение которой является доминирующим технологическим возмущением.

Учитывая [7, 13, 14] прямую пропорциональную зависимость длины дуги и величины напряжения дуги, за управляющий параметр разрабатываемой системы принимаем величину напряжения дуги. Напряжение дуги должно стабилизироваться путем поддержания постоянства ее длины.

Функциональная схема и механизм горелки для реализации системы автоматической стабилизации процесса ручной и механизированной аргодуговой сварки

В работах по стабилизации процесса автоматической сварки [24, 25] для упрощения системы управления многомерным объектом автоматизации система управления искусственно разделяется на несколько независимых контуров регулирования, каждый из которых решает свою задачу.

На данный момент в условиях ручной и механизированной сварки неплавящимся электродом возможно выделить только два контура регулирования (автоматической стабилизации):

I – контур стабилизации режима сварки, который управляет рабочим циклом сварки и длиной дуги по величине ее напряжения;

II – контур стабилизации формы шва, который использует физическую информацию о ходе процесса сварки и стабилизирует геометрическую форму шва при действии различных возмущений в энергетическом и тепловом контурах (см. рис. 1).

Функциональная схема двухконтурной системы стабилизации приведена на рис. 5.

В каждом контуре формируются стабилизирующие воздействия на основании сравнения требуемых величин параметров режима, которые заданы в базе данных, и значений фактических параметров, поступающих с контрольных датчиков. Сварочное оборудование воздействует на систему «дуга – сварочная ванна» для стабилизации формообразования шва. Таким образом, реализуется замкнутая система стабилизации качественных характеристик сварного шва. Данная система может быть реализована только при использовании микропроцессоров и микроконтроллеров, позволяющих реализовать сложные законы управления.

Схема (рис. 6) управления длиной дуги в контуре I реализуется следующим образом: величина напряжения дуги через канал обратной связи поступает в датчик контроля U (измерительный преобразователь сигнала напряжения), где преобразуется в нормированный сигнал. С выхода датчика контроля U подается вы-

ходной сигнал в автоматическую систему стабилизации формирования сварного шва, а именно на первый аналоговый вход платы управления электродвигателем. На второй аналоговый вход платы управления электродвигателем подается опорное напряжение с контроллера системы управления энергетическими параметрами режима сварки. Измеряемое напряжение сравнивается с опорным в ПИД-регуляторе платы управления электродвигателя, и выдается управляющий сигнал рассогласования, который управляет электродвигателем. Знак рассогласования определяет направление вращения (перемещение вниз или вверх), а величина – скорость вращения (скорость перемещения).

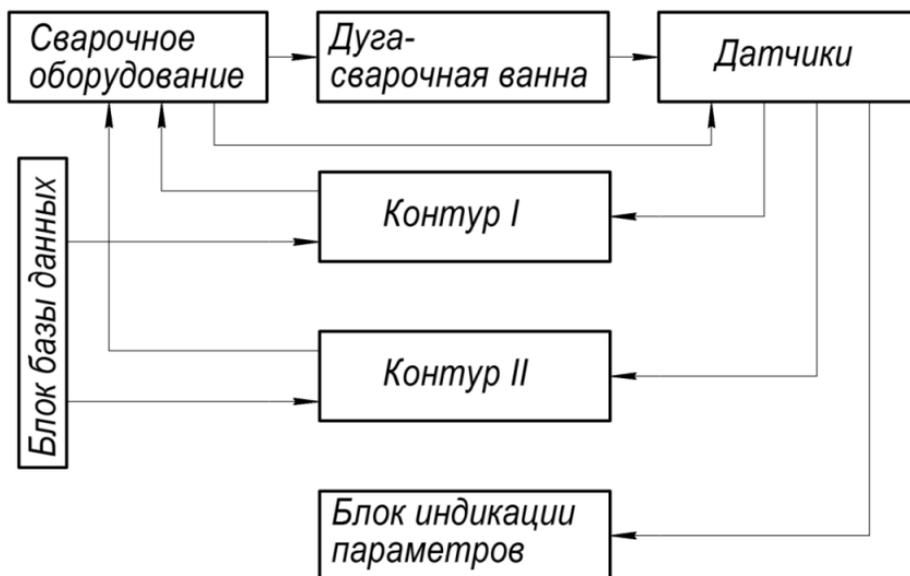
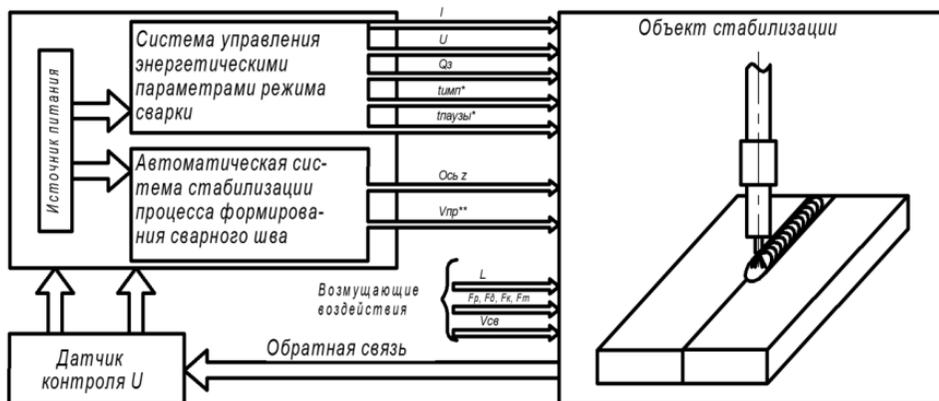


Рис. 5. Функциональная схема двухконтурной автоматической системы стабилизации процесса ручной и механизированной аргодуговой сварки



* при импульсной аргодуговой сварке.

** - при использовании горелки с автоматической подачей присадочной проволоки (механизированная аргодуговая сварка).

Рис. 6. Управление длиной дуги

Существующие горелки [26] не могут быть применены в разработанной системе, потому что их конструкция не позволяет перемещать сопло горелки для управления длиной дуги, так как сопло закрепляется на монолитной медной (токопроводящей) трубке. В связи с этим спроектирована конструкция горелки (рис. 7), позволяющая осуществить автоматическое управление длиной дуги.

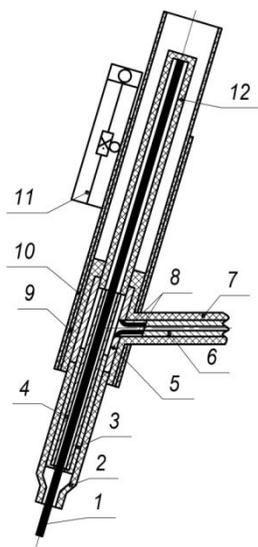


Рис. 7. Конструкция устройства горелки для реализации системы автоматической стабилизации ручной и механизированной аргонодуговой сварки

Конструкция устройства представляет собой горелку для аргонодуговой сварки, содержащую керамическое сопло 2, в котором закреплена медная цапга 3, вмещающая медный прижим 4 с вольфрамовым электродом 1. Медная цапга закреплена в подвижном токопроводящем корпусе горелки 5, что обеспечивает устойчивое положение электрода. Подвижный токопроводящий корпус соединен универсальным силовым кабелем 8 с неподвижным токопроводящим корпусом 6, что обеспечивает возможность автоматического регулирования длины дуги. Для предотвращения поражения рабочего-сварщика электрическим током токопроводящие корпуса и универсальный силовой кабель покрыты резиновой изоляцией 7, для предотвращения интоксикации аргоном предусмотрен тыльный колпачок 12, закрепляемый в подвижном токопроводящем корпусе. На участок резиновой изоляции, покрывающей подвижной токопроводящий корпус, приклеена подвижная пластиковая трубка 9, движение которой придает электродвигатель с червячной передачей 11, закрепленный на неподвижной пластиковой трубке 10, которая, в свою очередь, жестко крепится к изолированному резиной неподвижному токопроводящему корпусу (крепление не показано). Для предотвращения появления возмущений процесса сварки, связанных с замедлением регулирования величины дугового промежутка и вызванных трением пластиковых трубок, они выполнены с точностью посадки H11/h11 относительно друг друга.

Выводы

1. Анализ технологического процесса аргонодуговой сварки позволил отнести его к многомерному многокритериальному объекту с не полностью управляемым и наблюдаемым выходом.

2. На основе анализа требований к геометрии сварного шва и отсутствию дефектов в нем для построения системы автоматической стабилизации за основной параметр качества принимается e_1 – ширина сварного шва. Дополнительным параметром качества, обеспечивающим постоянство термического цикла, принимается постоянство длины/напряжения электрической дуги.

3. Процесс ручной и механизированной аргонодуговой сварки как объект автоматической стабилизации представляет собой сложную многосвязную систему, которая представлена в виде блок-схем с указанием входных управляющих воздействий, выходных переменных и возмущающих воздействий.

4. На основе анализа существующих систем регулирования параметров технологического процесса дуговой сварки разработана функциональная схема двухконтурной автоматической системы стабилизации процесса ручной и механизированной аргонодуговой сварки, содержащая контуры, которые могут быть описаны физико-математическими моделями: контур стабилизации режима сварки и контур стабилизации формы шва для получения требуемого качества сварного шва. Для понимания особенностей контура стабилизации режима сварки приведена схема управления длиной дуги.

5. В связи с тем, что типовая конструкция существующих горелок для ручной и механизированной сварки не позволяет перемещать сопло горелки, управляя длиной дуги, предложено принципиально новое устройство горелки для реализации системы автоматической стабилизации процесса аргонодуговой сварки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дуговая сварка в среде защитных газов конструкционных, нержавеющей и жаропрочных сталей и сплавов ПИ 1.4.75-2000: Производственная инструкция. – М.: ОАО НИАТ, 2000. – 115 с.
2. Сварка дуговая сплавов титана в среде защитных газов ПИ 1.4.1898-2003: Производственная инструкция. – М.: ОАО НИАТ, 2003. – 122 с.
3. Труды НИКИМТ. Сварка в атомной промышленности и энергетике / Под ред. Л.Н. Щавелева. – М.: ИздАТ, 2002. – 320 с.
4. Акулов А.И. Сущность и техника различных способов сварки плавлением: Учеб. пособие. – М.: МГИУ, 2006. – 104 с.
5. Сварка. Резка. Контроль: Справочник. В 2 т. / Под общ. ред. Н.П. Алешина, Г.Г. Чернышева. – М.: Машиностроение, 2004. Т. 1. – 624 с.
6. Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки: Учебник для вузов / Под ред. А.И. Акулова. – М.: Машиностроение, 2003. – 560 с.
7. Гладков Э.А. Управление процессами и оборудованием при сварке: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений – М.: Академия, 2006. – 432 с.
8. Овчинников В.В. Дефекты сварных соединений: Учеб. пособие. – М.: Академия, 2009. – 64 с.
9. Акулов А.И., Гладков Э.А., Гуслистов И.А. и др. Динамика температурного поля поверхности металла сварочной ванны // Управление сварочными процессами. – Тула, 1979. – С. 82-92.
10. Гладков Э.А. Основы теории автоматизации сварочных процессов. Ч. I. – М.: Изд. МВТУ им. Н.Э. Баумана, 1976. – 67 с.
11. Гладков Э.А., Акулов А.К., Юхин Н.А., Гуслистов К.А. Схемы электрогидродинамической системы «источник питания – дуга сварочная – ванна» // Изв. вузов. Машиностроение. – 1977. – № 9. – С. 17-21.
12. Львов Н.С. Автоматизация контроля и регулирования сварочных процессов. – М.: Машиностроение, 1973. – 127 с.
13. Львов Н.С., Гладков Э.А. Автоматика и автоматизация сварочных процессов. – М.: Машиностроение, 1982. – 302 с.
14. Автоматизация сварочных процессов: Учебник / Э.А. Гладков, В.Н. Бродягин, Р.А. Перковский. – М.: Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. – 421 с.: ил.
15. Сас А.В., Гладков Э.А., Чернов Л.В. Автоматизированная система управления качеством аргонодуговой сварки труб // Технология, контроль качества и прочность сварных конструкций: Тр. МВТУ. – 1980. – № 337. – С. 81-88.

16. *Перковский Р.А., Киселев О.Н., Малолетков А.В.* Автоматизированная система исследования качества дуговой сварки // Современные проблемы сварочной науки и техники: Тезисы докладов международной научно-технической конференции. – Ростов н/Д, 1993. – С. 26.
17. Специальные технологические процессы. Разработка и оформление документации на процессы дуговой сварки при подготовке производства, изготовлении и ремонте авиационной техники МУ 1.4.2126-2003: Методические указания. – М.: НИАТ, 2003. – 46 с.
18. *Моисеенко В.П.* Материалы и их поведение при сварке. – Ростов н/Д: Феникс, 2009. – 300 с.
19. *Деев Г.Ф., Пацкевич И.Р.* Дефекты сварных швов. – Киев: Наук. думка, 1984. – 208 с.
20. *Семистенов Д.А.* Стабильность проплавления стыковых швов при возмущениях в процессе автоматической аргонодуговой сварки: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.03.06 / Тольятти: ТГУ, 2005. – 20 с.
21. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением / Под ред. акад. Б.Е. Патона. – М.: Машиностроение, 1974. – 768 с.
22. *Вохрышев В.Е., Омеляненко К.Н.* Дискретно-непрерывная система автоматического управления технологическим процессом сварки // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – Том 15, № 4. – С. 267-270.
23. *Киселев О.Н.* Стабилизация геометрии проплавления при аргонодуговой сварке трубных изделий с применением систем энергетического и магнитного управления параметрами источника нагрева и сварочной ванны: дис. ... канд. техн. наук. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 196 с.
24. *Перковский Р.А.* Разработка физико-математических моделей и микропроцессорных систем контроля и управления процессом аргонодуговой сварки тонкостенных изделий ответственного назначения: дис. ... канд. техн. наук. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. – 139 с.
25. *Омеляненко К.Н.* Синтез дискретно-непрерывных систем автоматического управления процессом электросварки в среде защитных газов: дис. ... канд. техн. наук. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2013. – 139 с.
26. ГОСТ 5.917-71. Горелки ручные для аргонодуговой сварки типов РГА-150 и РГА-400. Требования к качеству аттестованной продукции / Введ. 1971-06-30. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1971. – 6 с.: ил.

Статья поступила в редакцию 10 февраля 2017 г.

ANALYSIS OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF MANUAL AND MECHANIZED ARGON-ARC WELDING AS OBJECT OF AUTOMATIC STABILIZATION AND CONTROL

V. V. Myuller

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russian Federation

This paper is devoted to the investigation of the manual process of argon-arc welding by a non-consumable electrode as an object of automatic stabilization and control. In the course of the work, a multicriteria process was revealed. A system for assessing the quality of the welding process was proposed. A classification of the disturbances was given. A functional diagram and the burner mechanism for implementing the automatic process stabilization system was proposed.

Keywords: Argon-arc welding, non-consumable electrode, multicriteria control object, controlled disturbances, uncontrolled disturbances, welding mode parameters, geometric dimensions of the weld, arc welding torch.

Viktor V. Myuller, Postgraduate Student.