ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТЕРИАЛЬНОГО ПАРАМЕТРА ПРИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ АДАПТАЦИИ ПРОЦЕССА СВАРКИ НЕПОВОРОТНЫХ СТЫКОВ ТРУБОПРОВОДОВ

А. Ф. Князьков, А. В. Веревкин
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск, Россия

В настоящее время более перспективной представляется автоматизация сварки неповоротных стыков трубопроводов на базе дуговых процессов. Для того чтобы производить сварку неповоротных стыков необходимо обеспечить направленный перенос электродного металла в сварочную ванну и удержание ванны расплавленного металла в положениях отличных от нижнего.

При сварке неповоротных стыков трубопроводов основным возмущением является непрерывное изменение пространственного положения сварочной ванны (рисунок 1), которое необходимо учитывать при автоматизации процесса. В результате изменения пространственного положения результирующая сила, действующая на сварочную ванну, непрерывно изменяется по величине и направлению действия (рисунок 2). Ранее разработанные способы сварки не учитывали эту особенность и не могли активно влиять на удержание сварочной ванны в положениях отличных от нижнего, а также обеспечить управляемый перенос электродного металла. Это объясняется тем, что методы дуговой сварки разрабатывались и предназначены по существу для сварки в неизменном пространственном положении.

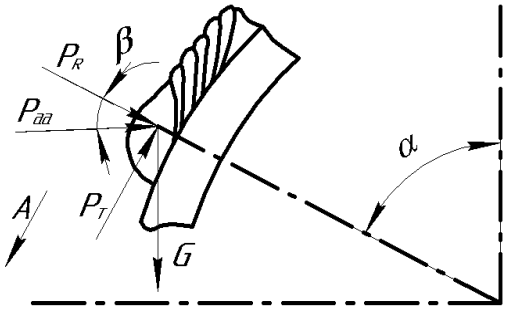

Рисунок 1 – Схема сил действующих на сварочную ванну:
G – вес сварочной ванны;
$P_{д.д.}$ – давление дуги;
P_T, P_R – тангенциальная и нормальная составляющие силы поверхностного натяжения;
А – направление вытекания металла в положении α=0°–90°

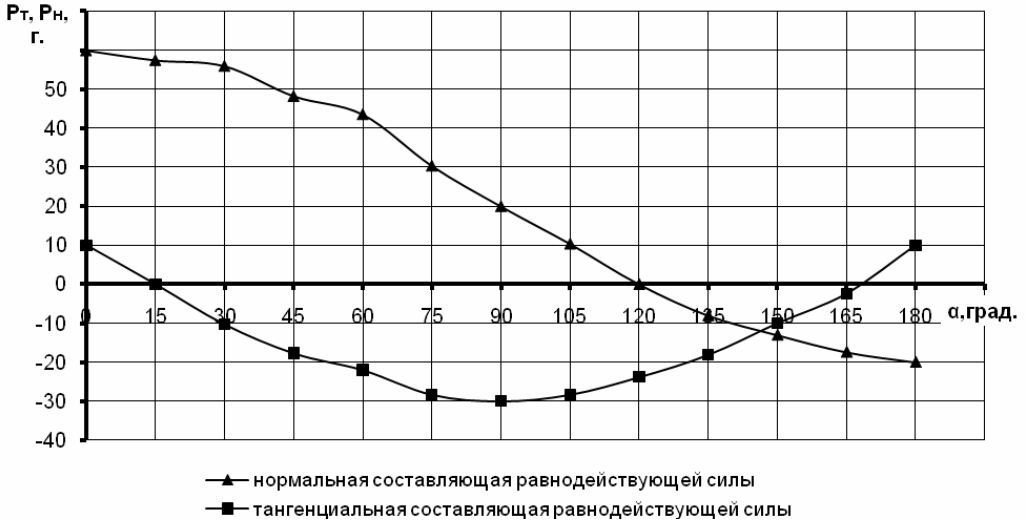

Рисунок 2 – Изменение нормальной ($P_н$) и тангенциальной ($P_т$) составляющих равнодействующей силы в зависимости от пространственного положения

Ранее разработанные способы сварки с импульсным питанием сварочной дуги и работой по программе не решают эту задачу, так как при этом процессе не учитывается движение металла сварочной ванны, что необходимо для осуществления сварки при непрерывно изменяющемся пространственном положении. Разработанные на кафедре «Оборудование и технология сварочного производства» НИ ТПУ способы импульсного питания позволяют решить эти проблемы.

Как показывают исследования, при импульсном питании дуги сварочная ванна совершает колебательные движения из головной части сварочной ванны в хвостовую и обратно, и этим активно участвует в уменьшении напряжения на дуге. Кроме того, на систему действуют и внешние возмущения (изменение длины вылета, постоянно изменяющееся пространственное положение и др.), которые должны отрабатываться дугой.

Для автоматизации процесса сварки неповоротных стыков с импульсным питанием сварочной дуги необходимо определить критериальный параметр, характеризующий состояние дугового промежутка для обеспечения хорошего формирования шва и стабильного переноса электродного металла.

Наибольшую информацию может дать напряжение на дуге, но для того чтобы фиксировать колебания сварочной ванны и особенно скорость перемещения жидкого металла сварочной ванны за критериальный параметр была принята скорость изменения напряжения на дуге во время паузы (dU/dt). Введение обратной связи по скорости изменения напряжения во время паузы дает ряд положительных моментов. Во время паузы протекает небольшой ток 25–40 А и силовое воздействие дуги на сварочную ванну минимально, поэтому сварочная ванна свободно перемещается под действием силы поверхностного натяжения и веса расплавленного металла сварочной ванны. Во время паузы электродная проволока практически не плавится, а на торце электродной проволоки находится небольшая капля электродного металла, сформировавшаяся к концу предыдущего импульса.

Работу импульсной системы питания с обратной связью по скорости изменения напряжения можно представить так: в начале процесса сварки (в нижнем положении) на сварочную ванну действует небольшая по величине тангенциальная составляющая ($P_т$) (рисунок 2) результирующей силы, и металл сварочной ванны относительно медленно передвигается по фронту кристаллизации. Следовательно, скорость изменения дугового напряжения будет минимальна, и частота следования импульсов фактически будет определяться скоростью подачи электродной проволоки. Приближаясь к вертикальному положению, тангенциальная составляющая результирующей силы будет увеличиваться, следовательно, скорость перемещения жидкого металла сварочной ванны из хвостовой части в головную возрастет. Пропорционально увеличится и скорость изменения дугового напряжения, при этом система с опережением включит ток импульса, для предотвращения вытекания металла сварочной ванны. При этом система импульсного питания уменьшит длительность импульсов, и автоматически увеличит частоту следования импульсов таким образом, чтобы средний ток оставался неизменным.

Включение обратной связи по скорости изменения напряжения в импульсную систему питания хорошо согласуется и дополняет ранее разработанные обратные связи. В частности на дозирование энергии направленной на расплавление последующей капли [Патент РФ № 2185941 Бюл. № 21 от 27.07.2002], за счет чего обеспечивается одинаковый размер образующихся капель, что значительно повышает стабилизацию дугового промежутка и способствует более стабильному каплепереносу и формированию сварочного шва.

Выводы:

1. Введение обратной связи по скорости изменения напряжения обеспечивает динамическую стабилизацию сварочной ванны во всех пространственных положениях.

2. Полученные результаты позволят адаптировать процесс сварки с импульсным питанием дуги, к непрерывному изменению пространственного положения сварочной ванны при сварке неповоротных стыков магистральных трубопроводов.