

Замена полимерной мембраны на графеновую позволит улучшить работу медносульфатного электрода сравнения, повысить стабильность работы, даст возможность использовать электрод без засыпки глины и использования пропитанной кислотой резиновой губки.

#### Литература

1. Geim A.K., Kim P. *Carbon Wonderland*// Scientific American. – 2008. – №4. – p. 90–97.
2. Bunch S.J. *Impermeable Atomic Membranes from Graphene Sheets*// NanoLetters. – 2008. – V. 8. – №. 8. – p. 2458–2462.
3. Никитенко Е.А., Эдельман Я.М. Монтер по защите подземных трубопроводов от коррозии: Учебник для профтехобразования. – М.: «Недра», 1981. – 256 с.
4. Руководство по эксплуатации систем противокоррозионной защиты трубопроводов. – Москва: ВНИИГАЗ, 2004.
5. Хижняков В. И. Противокоррозионная защита объектов трубопроводного транспорта нефти и газа. – Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2005.
6. Графен: новые методы получения и последние достижения// Элементы - новости науки: <http://elementy.ru/news/430857>.

### АВТОМАТИЗАЦИЯ СВАРКИ НЕПОВОРОТНЫХ СТЫКОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Н. А. Перфильев, Т. В. Бородина

Научный руководитель, доцент А. В. Веревкин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В связи с выработкой ресурсов магистральных трубопроводов актуальная проблема автоматизации сварки неповоротных стыков в сочетании с повышением надежности сварных соединений, особенно на трубопроводах большого диаметра (1020÷1420) мм и давлении до 75 ат, приобрела еще большую остроту. Принципиально решение этой проблемы может быть реализовано по двум различным направлениям.

Первое направление решает проблему путем сварки стыка одновременно по всему сечению и периметру на основе электроконтактной сварки, сварки трением и электронно-лучевой сварки с вакуумированием стыка. При этом требуется оборудование с большой пиковой мощностью и высокой стоимостью, что в условиях Севера и бездорожья неприемлемо, кроме того, при сварке давлением возникают проблемы с контролем качества сварного соединения.

Второе направление решает проблему на основе дуговых методов сварки с расчленением операций, подобно поточно-расчлененной ручной дуговой сварке.

Заварка корневого слоя может осуществляться изнутри трубы с использованием внутреннего центризатора-сварочной станции. Последующие слои завариваются снаружи при сварке на «спуск», причем каждый автомат настроен только на один слой (один режим) и после его заварки перемещаются на следующий стык.

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.

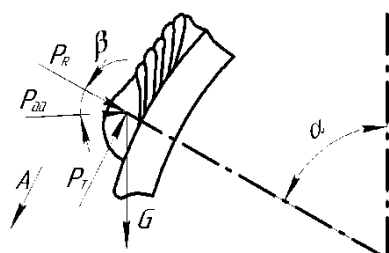


Рис. 1. Схема сил, действующих на сварочную ванну

$G$  – вес сварочной ванны;  
 $P_{д.д.}$  – давление дуги;  
 $P_T, P_R$  – тангенциальная и нормальная составляющие силы поверхностного натяжения;  
 $A$  – направление вытекания металла в положении  $\alpha=0^\circ-90^\circ$

При сварке неповоротных стыков трубопроводов основным возмущением является непрерывное изменение пространственного положения сварочной ванны (рис. 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 (рис. 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.

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.

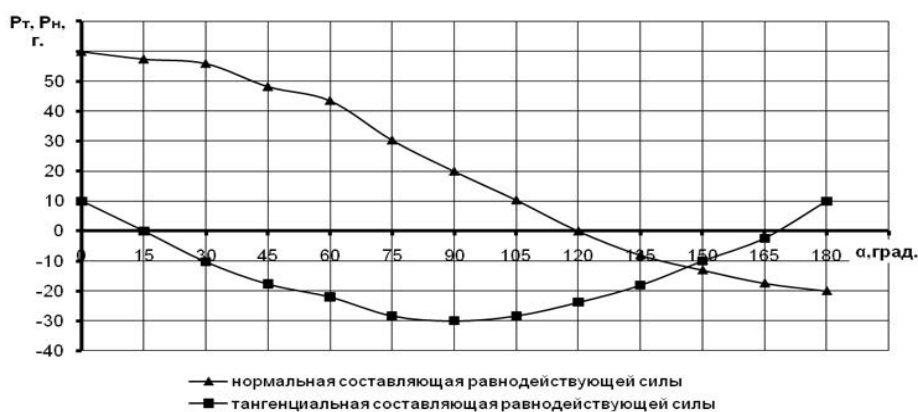


Рис. 2. Изменение нормальной ( $P_n$ ) и тангенциальной ( $P_t$ ) составляющих равнодействующей силы в зависимости от пространственного положения

Длительная работа, полученные результаты и продолжающиеся исследования в этой области, позволяют говорить о перспективности автоматизации сварки неповоротных стыков на базе импульсного питания сварочной дуги с плавящимся электродом в защитных газах, а также само защитной порошковой проволокой.

Такой процесс свободно программируется, либо управляется автоматически при помощи обратных связей. Разработан ряд алгоритмов [1, 2 и др.] импульсной модуляции сварочного тока, для различных слоев сварочного стыка, но все они позволяют отдельно и независимо управлять плавлением и переносом электродного металла с одной стороны и плавлением и кристаллизацией основного металла с другой стороны. И что особенно важно, при управлении процессом сварки с обратными связями по состоянию дугового промежутка обеспечивается динамическая стабилизация сварочной ванны (рис. 3).

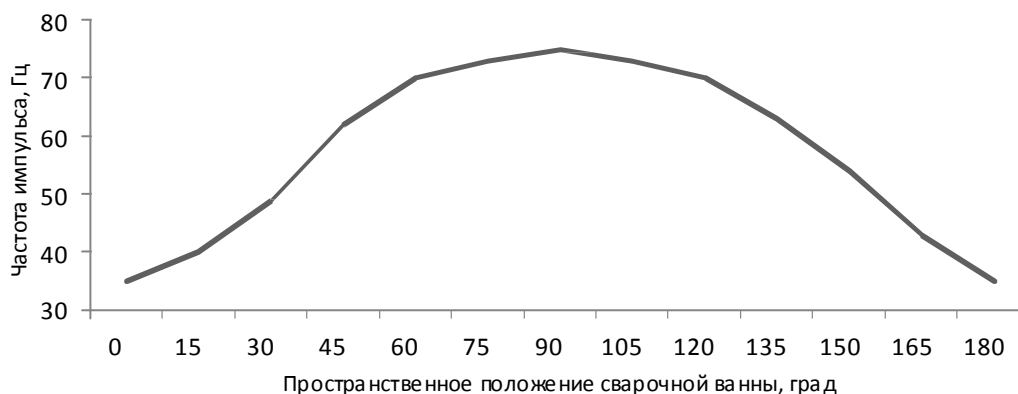


Рис. 3. График изменения частоты импульса в зависимости от пространственного положения сварочной ванны

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 25-40А 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 ( $P_t$ ) (рис. 1) 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.

**Выводы:** введение обратной связи по скорости изменения напряжения обеспечивает динамическую стабилизацию сварочной ванны во всех пространственных положениях; полученные результаты позволят адаптировать процесс сварки с импульсным питанием дуги, к непрерывному изменению пространственного положения сварочной ванны при сварке неповоротных стыков магистральных трубопроводов.

#### Литература

1. А.С. № 521089. Способ импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом. А.И. Зайцев, А.Ф. Князьков, Р.И. Дедюх, Е.В. Щепкин, С.С. Митрошин. Опубликовано в бюл.№ 22.03.1976.
2. А.С. № 522014. Способ импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом. А.И. Зайцев, А.Ф. Князьков, Р.И. Дедюх, Б.Г. Долгун, Е.В. Щепкин, А.С. Максимов. Опубликовано в бюл.№ 23.03.1976 г.
3. Патент Российской Федерации 2120843. Способ электродуговой сварки. Князьков А.Ф., Петриков А.В., Крампит Н.Ю., Опубликовано в бюл. № 30, 27.10.98; Патент РФ №2185941 Бюл. №21 от 27.07.2002].

### ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИИ НЕПРЕРЫВНОГО ДОЗИРОВАНИЯ ИНГИБИТОРА С ПЕРИОДИЧЕСКИМ КРАТКОВРЕМЕННЫМ УВЕЛИЧЕНИЕМ КОНЦЕНТРАЦИИ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ НА НЕФТЕПРОМЫСЛОВЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДАХ

С. А. Проценко

Научный руководитель, доцент А. Г. Зарубин

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Значительная часть трубопроводных систем на современном этапе развития вступает в период интенсификации потока отказов, так как исчерпала установленный ресурс. При этом, основной причиной высокой аварийности технологических трубопроводных систем являются коррозионные повреждения. Проблема усугубляется тем, что по условиям эксплуатации трубопровод, как правило, воспринимает одновременное воздействие механических нагрузок (деформаций), износа и коррозионно-активных сред. Такое совместное воздействие может вызвать ускоренное коррозионно-механическое разрушение трубопроводов в виде общей механохимической коррозии, коррозионного растрескивания, коррозионной усталости и др. [1].

Для защиты нефтепромысловых и технологических трубопроводных систем в нефтегазовой отрасли применяются методы, препятствующие внутренней коррозии, базирующиеся на использовании поверхностно-активных веществ и ингибиторов коррозии.

В системах нефтесбора и поддержания пластового давления используются следующие типовые технологии применения ингибиторов [4]:

1. Постоянная дозированная подача реагента.
2. Постоянная дозированная подача реагента с периодическим кратковременным увеличением концентрации (ударная доза).
3. Периодическая обработка ингибитором или его раствором.
4. Периодическая обработка «пробкой» ингибитора между разделителями.
5. Закачка через затрубное пространство.

Методы выбираются таким образом, чтобы:

1. Обеспечить формирование и поддержание целостности защитной «пленки» на всей поверхности металла защищаемых трубопроводов.
2. Комбинация методов соответствовала минимуму затрат на ингибирование.

Наиболее эффективной и распространенной является технология непрерывного дозирования с периодическим кратковременным увеличением концентрации (ударная доза). При защите этим методом транспортируемая среда используется в качестве «носителя» ингибитора. Защитные свойства (способность снижать скорость коррозии) ингибиторов при их непрерывном дозировании в поток напрямую зависят от их «транспортных» свойств, отвечающих за доставку активной основы ингибитора к защищаемой поверхности металла из объема транспортируемой продукции. Подача ингибитора в поток продукции осуществляется при помощи стационарных дозирочных установок и узлов ввода. Ударная доза ингибитора вводится в систему для быстрого формирования защитной пленки на поверхности металла в начальный период применения ингибитора или после перерывов в его применении. Концентрация ингибитора в этот период в 6 раз превышает постоянную дозировку. Продолжительность ввода ударной дозы может составлять от 12 до 24 часов [4].

Данный метод имеет ряд преимуществ:

1. Возможность гибкого реагирования на изменение технологических характеристик трубопроводов и коррозионной ситуации за счет своевременного изменения дозировки ингибитора.
2. Относительная простота мониторинга эффективности ингибирования.