Герасимов А.И., Данзанова Е.В.
Способ сварки полимерных толстостенных труб

*ФГБУН Институт проблем нефти и газа СО РАН
(Россия, Якутск)*

doi: 10.18411/lj-12-2018-174

idsp: ljjournal-12-2018-174

Аннотация

Сварка нагретым инструментом встык зарекомендовала себя как надежный способ сварки полимерных труб. Однако, при сварке полимерных толстостенных труб существует проблема возникновения порообразования в сварном шве, а также влияние силы гравитации на течение расплава, что препятствует удалению окисленного слоя. В работе предложен способ решения этой проблемы.

Ключевые слова. Полимерные трубы, полиэтилен, сварка нагретым инструментом встык, дополнительная поверхность, грат.

Трубопроводы из полимерных материалов прочно вошли в нашу жизнь: это газораспределительные сети, трубопроводы горячего и холодного водоснабжения, системы отопления и канализации. В западных странах еще с семидесятых годов прошлого века в городском хозяйстве широко стали применяться полиэтиленовые трубы большого диаметра до 1200 мм [1] и 1400мм [2]. Известно, что для сохранения округлой формы полимерных труб толщина их стенок тем больше, чем больше диаметр, т.е. с увеличением диаметра увеличивается толщина стенки, но это не означает увеличение допустимого рабочего давления трубы, наоборот, чем больше диаметр трубы, тем меньше значение рабочего давления. Поэтому полимерные трубы большого диаметра используются для сточных и канализационных трубопроводов, не требующих значительного давления. Для соединения труб большого диаметра требуется сварочное оборудование соответствующего размера со специальным подъемным оборудованием. В последние годы разрабатываются различные способы герметизации стыков труб большого диаметра. На наш взгляд, наиболее перспективным из таких технологий является разработка НПО «Стройполимер», возглавляемый Устюговым В. А., по гидроизоляции стыковых соединений [3-6], в которой гидроизоляция осуществляется путем оплавления термопластичной оболочки, охватывающей весь периметр соединяемых торцов трубы, и наружной поверхности концов трубы зигзагообразным нагревательным элементом (рис.1). Однако такое соединение является не прочным и при малейшем сдвиге соединенных труб герметичность нарушается из-за разрушения термопластичной оболочки.

Рис. 1. Схема устройства для гидроизоляции стыковых соединений конструкций: 1 – электронагреватель; 2 – термопластичная полимерная лента; 3 – концы для подключения источника электрического тока

Из известных способов соединения полимерных труб, не требующих дополнительных соединяемых деталей и материалов для сварки является способ сварки встык нагретым инструментом. Процесс контактной сварки оплавлением является двухэтапным. Сначала торцы соединяемых труб оплавляются непосредственным контактом нагретого инструмента, поверхность которого покрыта противадгезионной пленкой. Затем нагретый инструмент удаляют, и оплавленные торцы друг к другу осаживают под давлением и выдерживают определенное время под этим давлением. Оплавленные и находящиеся при высокой температуре поверхности торцов полимерных труб при контакте с воздухом окисляются, образуя на поверхности торцов окисленный слой, достигающий до толщины 40-60 мкм. Под давлением осадки этот окисленный слой с поверхности обоих торцов выходит вне стенок трубы вместе с расплавленными частями труб, образуя внутренний и внешний граты. Поэтому чем больше толщина стенки трубы, тем на большую глубину необходимо их проплавить для обеспечения полного вывода окисленного слоя за стенки соединяемых труб. Большую глубину проплавления можно добиться двумя путями: повышением температуры оплавления или увеличением времени оплавления. Однако против повышения температуры нагревателя выступают два фактора. При повышенных температурах на границе контакта нагреватель – полимер возможно разложение полимера с выделением летучих составляющих, вследствие чего в сварном шве появляются поры. С другой стороны, скорость оплавления возрастает до определенного момента, свыше которого процесс оплавления переходит в квазистационарный период (рис.2) [7], при этом, чем больше температура нагревателя, тем раньше он наступает. В связи с этим на практике для увеличения глубины проплавления при сварке толстостенных труб для уменьшения процесса порообразования на расплаве снижают температуру нагревателя и увеличивают время нагрева.

Рис. 2. Кинетика оплавления при контактном нагреве в зависимости от температуры нагревателя: $v_{оп}$ – скорость оплавления; t_{y1} , t_{y2} – время наступления квазистационарного (установившегося) процесса оплавления

В работе [8] было отмечено, что увеличение глубины проплавления при сварке труб толщиной даже в 35 мм приводит к дополнительному смещению потоков расплава, связанные с действием сил тяжести, что особенно заметно на верхней и нижней частях стыка по размерам образующегося грата. В этих областях нижние граты имеют увеличенный размер, а верхние граты – уменьшенный размер из-за того, что поток расплава с окисленным поверхностным слоем расплавленных торцов под действием силы тяжести не достигает внешней поверхности стенки трубы. Механические испытания образцов, вырезанных из различных точек окружности по сечению толщины стенки трубы показали существенное отличие условий образования соединения в области верхней и нижней частях стыка.

В связи с этими проблемами сварки толстостенных полимерных труб в Институте проблем нефти и газа СО РАН разработана оригинальная технология сварки толстостенных полиэтиленовых труб, которая исключает повышение температуры нагревателя и большую глубину оплавления свариваемых торцов трубы. В начале производства сварки встык нагретым инструментом, после операции торцевания свариваемых концов полимерной трубы, прилагаемый к сварочному оборудованию торцеватель с гладкими ножами заменяется на другой торцеватель, в котором вместо гладких ножей имеются ножи для вырезания канавки в середине торцов свариваемых труб. Для исключения образования центров концентрации напряжений на углах дна канавки, режущий конец ножей представляет собой полукруг. Вторым торцевателем вырезают канавку с заданной глубиной, обеспечивающей размещение поверхностного оксидного слоя со средней части поверхностей торцов (Рис. 3). Затем производится сварка встык согласно инструкции, но время нагрева должно соответствовать времени нагрева трубы в два раза уменьшенной толщины стенки, так как увеличения глубины проплавления не требуется в связи с тем, что часть расплава, находящаяся у стенок трубы выдавится наружу, а часть расплава, выдавливаемого при давлении осадки, вместо выхода наружу заполнит канавки, вырезанные на середине плоскостей торцов соединяемых труб.

Рис. 3. Схема расположения канавки на торце трубы

На рисунке 4 приведены сваренные соединения по принятой и предлагаемой технологиям, где видно, что наличие канавки на торцах труб приводит к уменьшению образующегося грата.

Рис. 4. Сварные соединения полиэтиленовых труб ПЭ100 SDR9 110×12,3: а) без канавки; б) с канавкой на торцах труб

Таким образом, предварительное вырезание канавки в середине торцов свариваемых труб приводит двухкратному уменьшению времени нагрева, что уменьшает риск порообразования на сварочном шве соединяемых труб и к уменьшению глубины проплавления, что приводит к предотвращению смещения потока расплава под действием силы гравитации.

1. Дубровкин С.Д. Применение пластмассовых труб в строительстве и городском хозяйстве Финляндии. М., изд. ГосИНТИ, 1970, 58 с.
 2. Зайцев К.И., Истратов И.Ф., Ляшенко В.Ф. Сварка пластмассовых трубопроводов. М., “Недра”, 1974, 72 с.
 3. Патент РФ 171307 Устройство для гидроизоляции стыковых соединений. 29.05.2017. Бюл. № 16.
 4. Патент РФ 171308 Устройство для гидроизоляции стыковых соединений. 29.05.2017. Бюл. № 16.
 5. Патент РФ 2188913 Устройство для гидроизоляции стыковых соединений. 10.09.2002. Бюл. № 25.
 6. Патент РФ 159848. Негорючий покровный слой с адгезионной пленкой. 20.02.. Бюл. № 5.
 7. Сварка полимерных материалов: Справочник/Под общ. ред. К.И.Зайцева, Л.Н.Мацюк. – М.: Машиностроение, 1988. – 312 с.
 8. Соколов В.А., Мирошниченко О.М. Технология сварки полиэтиленовых газопроводов с рабочим давлением до 1,2 МПа // Современные проблемы машиностроения: Сборник научных трудов VII Международной научно-технической конференции / под ред. А.Ю. Арляпова, А.Б. Кима; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 368 с.
-