

СВАРКА ПОЛИМЕРНЫХ ТРУБ ДЛЯ ГАЗОПРОВОДОВ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Старостин Н.П., Герасимов А.И.

Институт проблем нефти и газа СО РАН

e-mail: nikstar56@mail.ru

Основываясь на особенностях теплофизических свойств полимерных материалов, предлагаются способы сварки полиэтиленовых труб для газопроводов, позволяющие проводить при низких температурах атмосферного воздуха сварочные работы без строительства временных укрытий.

Ключевые слова: *сварка, нагретый инструмент, газопровод, полиэтилен, температура, способ, нагрев, охлаждение, камера.*

В России с каждым годом расширяется использование полиэтиленовых труб вместо металлических при строительстве межпоселковых газопроводов. В то же время, согласно действующему своду правил СП 42-103-2003 проведение сварочных работ допускается в интервале температур окружающего воздуха от $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$. В случае необходимости рекомендуется сварочные работы выполнять в помещениях (укрытиях), в котором температура воздуха должна быть доведена до указанных в нормативных документах значений, а участок свариваемой трубы выдержан определенное время для достижения соответствующей температуры [1]. Актуальность разработки более простых и оперативных способов сварки при низких температурах обусловлена, тем что в регионах холодного климата температура воздуха ниже $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ сохраняется в течение 6 и более месяцев. Кроме того, в существующих способах сварки полимерных материалов возможности технологии термоконтактной сварки реализуются недостаточно. Практически не используются методы регулирования тепловым процессом, обуславливающим формирование прочного сварного соединения.

Характерной особенностью полимерных материалов является их низкая теплопроводность по сравнению с металлами. Коэффициенты теплопроводности металлов и полимеров различаются на два порядка. Например, коэффициент теплопроводности полиэтилена составляет $0,16\div 0,42$, а стали $25\div 88\text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ [2]. В связи с этим, при сварке полиэтиленовых труб тепловому воздействию, приводящему к деструкции материала, подвергается небольшая область, ограниченная

изотермой + 80 °С [3]. Охлаждение нагретых участков полимерных материалов происходит медленнее, чем в металлах. Основываясь на том, что при термоконттактной сварке полимерных материалов зона термического влияния в течение всего процесса локализовано в окрестности сварного соединения и, как показано в работе [4], при стыковой сварке в стенке полимерной трубы изотермы обращены выпуклостью к сварному шву, был предложен способ проведения сварки при температурах окружающего воздуха ниже нормативных [5]. Вместо строительства закрытого укрытия с нормированной температурой для производства сварочных работ и длительной выдержкой при этой температуре свариваемых участков полимерной трубы, было предложено доведение температуры зоны термического влияния торцов свариваемых труб до нормированной температуры путем предварительного нагревания. Для этого концы свариваемых труб вводят на большую глубину, чем зона термического влияния в нагретый инструмент, имеющий температуру из регламентированного интервала температуры атмосферного воздуха при проведении сварочных работ, и выдерживают до достижения в зоне термического влияния температурного поля близкого к однородному, а оплавление торцов производят другим инструментом.

Способ осуществляется следующим образом. Концы свариваемых труб 1 (рис. 1) центрируют по наружной поверхности и производят механическую обработку торцов соединяемых труб с целью обеспечения их плотного прилегания к друг другу, а также для снятия окисленных поверхностных слоев. Затем концы труб 1 приводят в непосредственный контакт с нагретым инструментом 2, имеющим нагревательный элемент 3, путем ввода концов свариваемых труб на глубину h большую, чем длина зоны термического влияния l , в цилиндрические глухие отверстия в виде кольцевой проточки с эластичными элементами 4, обеспечивающими идеальный тепловой контакт соприкасающихся поверхностей, стенки которых имеют температуру из регламентированного интервала температуры атмосферного воздуха при проведении сварочных работ, и выдерживают определенное время до достижения средней температуры зоны термического влияния значения температуры инструмента.

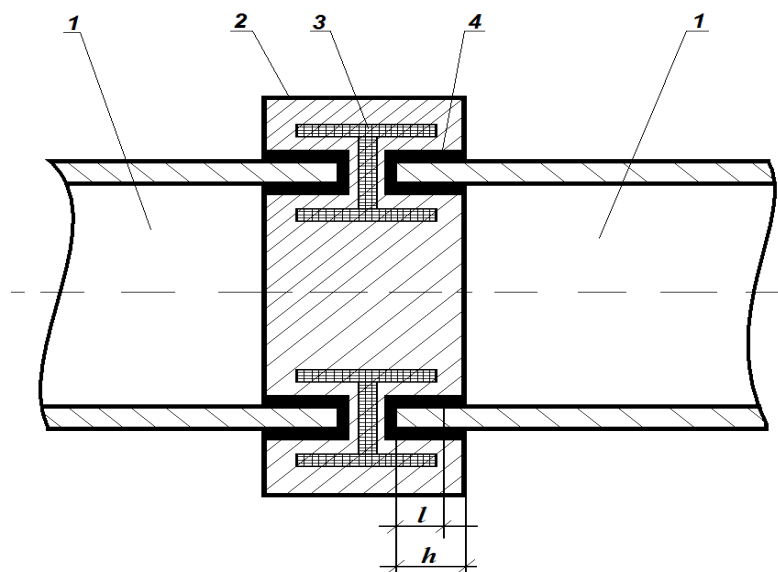


Рисунок 1. Схема предварительного нагрева торцов свариваемой полимерной трубы

Продолжительность нагрева находят решением задачи теплопроводности из условия достижения однородного распределения температуры в зоне термического влияния. После достижения в зоне термического влияния температурного поля близкого к однородному инструмент удаляют. Затем нагретым до или выше температуры плавления материала трубы другим инструментом оплавливают торцы свариваемых труб. Затем инструмент удаляют, а оплавленные торцы осаживают под давлением и выдерживают под этим давлением определенное время. Основные параметры сварки остаются такими же, как при проведении сварки при нормированных температурах окружающего воздуха.

Для поддержания такой же скорости охлаждения и таких же релаксационных процессов в сварном соединении, какие получаются при сварке при регламентированных температурах, охлаждение производят в замкнутом ограниченном объеме 5 (рис. 2) с использованием теплоизолирующего материала 6 температура которого поддерживается в регламентированном интервале с помощью нагревательных элементов (не показано) и за счет теплоты сварного соединения. Для достижения лучшей теплоизоляции между стенкой трубы 1 и теплоизолирующим материалом 6 имеется эластичный материал 7.

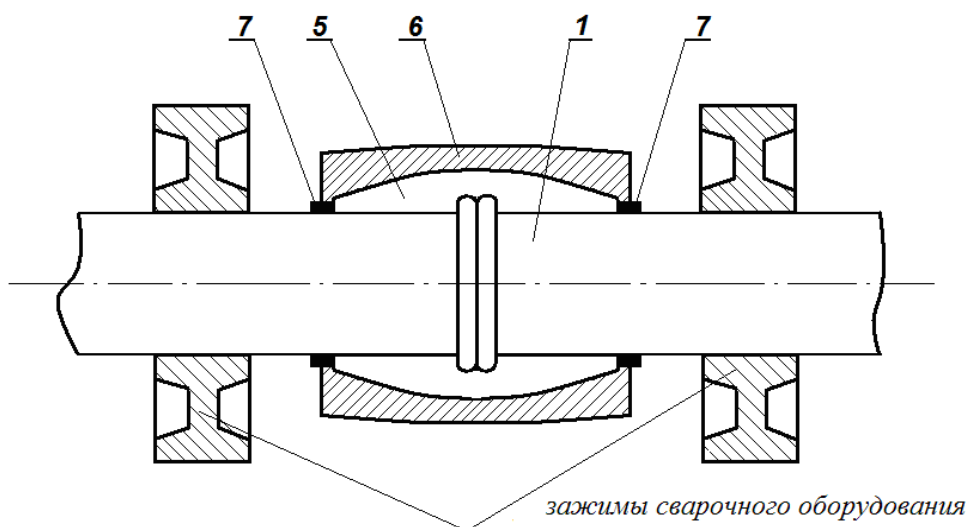


Рисунок 2. Схема охлаждения сварного шва в замкнутом ограниченном объеме

Таким образом, температура в зоне термического влияния при любых низких температурах атмосферного воздуха принудительным образом становится равной регламентированной температуре. Произведенный в таких условиях сварочный шов обладает всеми прочностными свойствами сварного шва, полученного при температурном интервале, предусмотренном нормативными документами.

В работе [6] предложено более простое техническое решение, где отсутствует предварительное нагревание и искусственное поддержание температуры в ограниченном объеме в период охлаждения сварного соединения. Нормированная температура зоны термического воздействия достигается не предварительным нагреванием торцов свариваемых труб на большую глубину, чем зона термического воздействия, а продлением времени оплавления, исходя из температуры окружающего воздуха, теплофизических свойств и геометрических данных трубы. Способ осуществляется следующим образом. Концы свариваемых труб центрируют по наружной поверхности и производят механическую обработку торцов соединяемых труб с целью обеспечения их плотного прилегания друг другу, а также для снятия окисленных поверхностных слоев. Затем концы труб приводят в непосредственный контакт с нагретым инструментом с соответствующей процессу сварки температурой. Продолжительность оплавления находят решением

задачи теплопроводности, исходя из температуры окружающего воздуха, теплофизических свойств и геометрических данных трубы, по глубине проплавления торца трубы, достигаемой при нормированных температурах. Затем инструмент удаляют, а оплавленные торцы осаживают под давлением и выдерживают под этим давлением определенное время. Охлаждение производят в замкнутом ограниченном объеме 1 (рис. 3) определенных размеров, в котором за счет теплоты сварного соединения 2 поддерживается температура в регламентированном температурном интервале с использованием камеры из теплоизолирующего материала 3, расположенного между зажимами трубы. Необходимый ограниченный объем определяют из условия обеспечения скорости охлаждения сварного соединения, достигаемой при нормированных температурах.

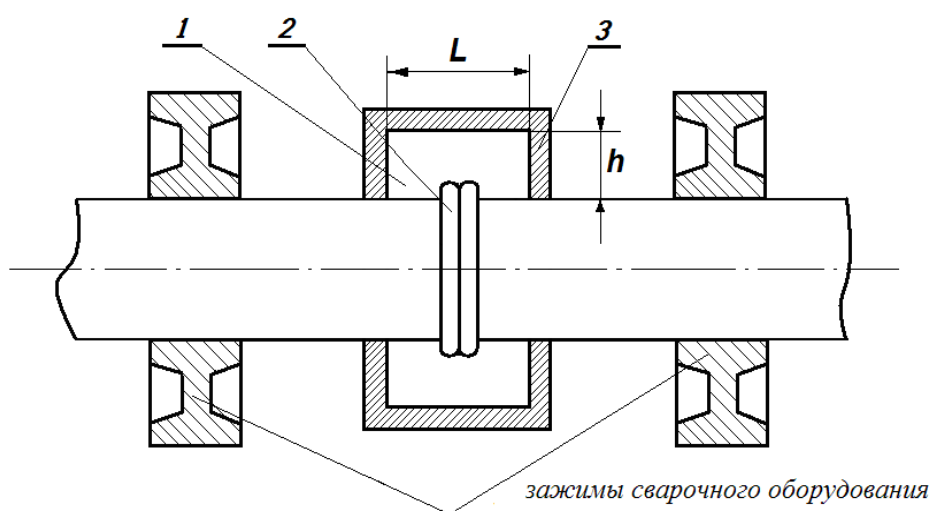


Рисунок 3. Схема охлаждения сварного соединения в замкнутом ограниченном объеме

Регулирование скорости охлаждения сварного соединения производят путем изменения длины L теплоизоляционной камеры вдоль трубы при фиксированной высоте h камеры, так как наибольший эффект достигается изменением соотношения площадей нагретой и холодной частей трубы.

Например, для сварки труб из полиэтилена ПЭ 80 ГАЗ SDR11 63×5,8 ГОСТ Р 50838-95 при нормированных температурах продолжительность оплавления составляет 55 сек. При этом расчетная глубина проплавления составляет 1,63 мм

(рис. 4, кривая 1). При температуре окружающего воздуха $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ такую же глубину проплавления можно достичь при продолжительности оплавления – 96 сек. (рис. 4, кривая 2). При этом температурные поля в зоне термического влияния практически совпадают [7].

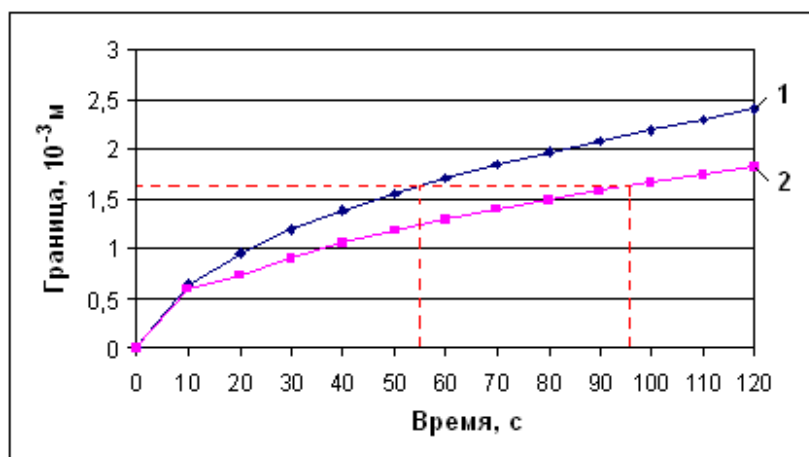


Рисунок 4. Изменение границы проплавления при различной температуре окружающего воздуха: 1 – $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$; 2 – $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$

Оплавленные торцы, после удаления инструмента, осаживают под давлением и выдерживают под этим давлением определенное время в замкнутом ограниченном объеме, обеспечивающем температуру окружающего воздуха вокруг сварного соединения из регламентированного интервала температуры окружающего воздуха. При этом учитывается, что увеличение длины L камеры при фиксированной высоте h камеры способствует более быстрому снижению температуры в камере за счет увеличения поверхности трубы с более низкой температурой, чем увеличение высоты h камеры при фиксированной длине L .

Расчетами найдены следующие размеры камеры: $L = 40$ мм, $h = 20$ мм, при котором температура воздуха в теплоизоляционной камере ограниченного объема за счет теплоты сварного соединения, например, сварки трубы из полиэтилена ПЭ 80 ГАЗ SDR11 63×5,8 ГОСТ Р 50838-95 становится такой же как в рекомендуемом для проведения сварочных работ интервал температуры окружающего воздуха (рис. 5) [8]. Кривые 1, 2 и 3 значения температуры воздуха в теплоизоляционной камере в период охлаждения сварного соединения длительностью 8 мин при тем-

пературах окружающего воздуха соответственно: - 20, - 30 и - 40 °С находятся в области положительных значений температуры меньших, чем максимально допустимая температура + 45 °С.

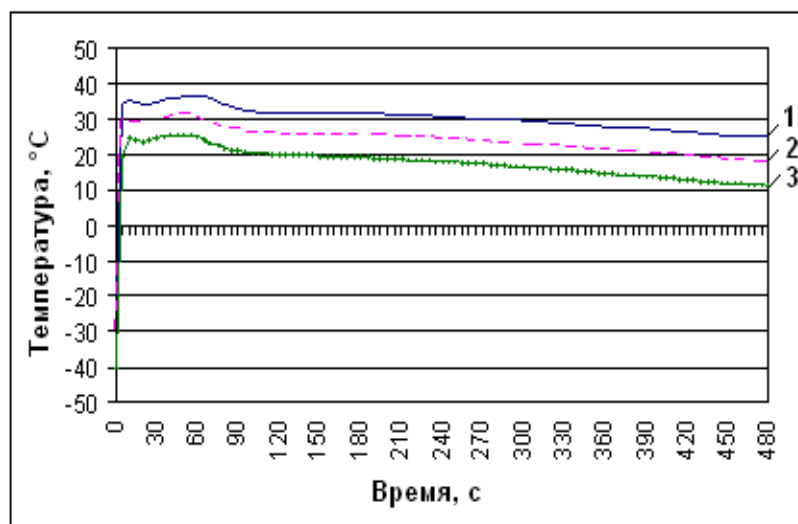


Рисунок 5. Изменение температуры воздуха в теплоизоляционной камере в период охлаждения сварного соединения при различных температурах окружающего воздуха: 1 – - 20; 2 – - 30; 3 – - 40 °С

Таким образом, температура в зоне термического влияния при любых низких температурах атмосферного воздуха становится равной регламентированной температуре за счет теплоты сварного соединения. Качественное сварное соединение достигается за счет продления времени оплавления до достижения определенной глубины проплавления торца трубы, достигаемой при нормированных температурах и поддержания скорости охлаждения сварного соединения за счет теплоты сварного соединения путем изменения соотношения холодной и прогретой частей сварного соединения внутри ограниченного объема при фиксированной высоте. Произведенный в таких условиях сварочный шов обладает всеми прочностными свойствами сварного шва, полученного при температурном интервале, предусмотренном нормативными документами.

Литература

1. Проектирование и строительство газопроводов из полиэтиленовых труб и реконструкция изношенных газопроводов СП 42-103-2003.- Издание официальное. – М.: ЗАО «ПОЛИМЕРГАЗ», 2004. – 84 с.
2. Физические величины: Справочник / Бабичев Н.А., Бабушкина Н.А., Братковский А.М. и др.; Под ред. Григорьева И.С., Мейлихова Е.З. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 1232 с.
3. Родионов А.К., Бабенко Ф.И., Коваленко Н.А. и др. Трещиностойкость сварных стыковых соединений полиэтиленовых труб // Материалы. Технологии. Инструменты. 2003. Т. 8, № 3. – С. 19 – 20.
4. Сварка полимерных материалов: Справочник / Зайцев К.И., Мацюк Л.Н., Богдашевский А.В. и др. Под общ. ред. Зайцева К.И., Мацюк Л.Н. – М.: Машиностроение, 1988. – 312 с.
5. Патент на изобретение № 234333, бюл. № 1, 10.01.2009.
6. Заявка на изобретение № 2008147671 от 15.12.2008.
7. Аммосова О.А., Герасимов А.И. и Старостин Н.П. Сварка полиэтиленовых труб встык при температурах воздуха ниже нормативных. Ч. 1 // Пластические массы. – 2008, № 9. – С. 38 – 41.
8. Аммосова О.А., Герасимов А.И. и Старостин Н.П. Сварка полиэтиленовых труб встык при температурах воздуха ниже нормативных. Ч. 2 // Пластические массы. – 2008, № 10. – С. 45 – 46.