

Обеспечение качества сварки трубопроводов из полиэтилена при пониженных температурах

В.А. Соколов¹, С.А. Бородихин¹, Н. Кузьмин¹
¹Омский государственный технический университет

Аннотация: Эксплуатационная надежность полиэтиленовых трубопроводов находится в прямой зависимости от условий окружающей среды во время сварочного процесса в полевых условиях. Для снижения влияния погодных условий на качество получаемого сварочного соединения требуется решить комплекс задач, направленный на модернизацию сварочного оборудования. Целью работы является разработка передвижного сварочного комплекса, позволяющего обеспечивать оптимальные условия вне зависимости от условий температуры окружающей среды. Установлено, что без применения данного комплекса качество сварных соединений при температурах ниже 0 °С резко снижается, что приведет к браковке изделия и его переварке.

Ключевые слова: полиэтиленовый трубопровод, сварочный комплекс, низкие температуры

При строительстве трубопроводных систем газоснабжения, систем водоснабжения и канализации, применение полимерных труб, позволяет с одной стороны существенно снизить трудоемкость строительных работ, с другой стороны, значительно увеличить сроки службы таких трубопроводов в виду полного отсутствия проблем с коррозией. Однако, при выполнении строительных работ, зачастую, возникает ряд проблем, связанных со специфическими свойствами полимерных материалов. В частности, благоприятные условия выполнения строительных работ обычно ограничены летними месяцами, в виду сильного влияния на качество работ, температур окружающего воздуха. В особенности это касается регионов Сибири и Северных районов [1-3].

Действующие нормативные документы на стыковую сварку полиэтиленовых трубопроводов (СП 42 103-2003, СП 40 102-2000), предусматривают рекомендации по корректировке параметров режимов сварки с изменением температурных условий. В частности, документы предлагают корректировать температуру нагревателя и время нагрева в пределах трех температурных интервалов окружающей среды:

- 1 интервал – –15-0 °С;
- 2 интервал – 0-+ 20 °С;
- 3 интервал – +20-+45 °С.

При использовании для сварки трубопроводов оборудования с высокой степенью автоматизации, эти рекомендации могут оказать положительный результат. Однако, как показывает практика, основная часть эксплуатируемых в нашей стране сварочных машины имеют либо ручное управление, либо

машины со средней степенью автоматизации, в которых ответственность за корректировку режимов, полностью возлагается на операторов, выполняющих сварочные работы. При этом, рекомендации не могут учесть дополнительных факторов воздействия окружающей среды – порывы ветра, сдувающего тепловой поток, изменение влажности среды, включая и выпадение осадков и др. [4-6]

Для определения критичности этих условий были выполнены экспериментальные исследования и анализ влияния температурных условий на образование сварных соединений полиэтиленовых трубопроводов.

В экспериментах по выполнению сварочных работ применяли сварочную машину РОВЕЛД-Р315ВМР фирмы Rothenberger. Все сварочные работы выполнялись в режиме ручного управления, в условиях открытого полигона, и с использованием устройств, для имитации ветровых нагрузок.

В качестве исследуемых образцов использовались трубы диаметром 110, SDR11, из полиэтилена типа ПЭ100, производства «Казаньоргсинтез» марки ПЭ2НТ-9. Эксперименты выполняли при следующих условиях: -15 °С, 0 °С, 20 °С, 30 °С.

В каждом температурном условии, при назначении режимов сварки учитывали рекомендации нормативно-технической документации по сварке полиэтиленовых газопроводов СП 42-103-2003.

Параметры режимов сварки, использованных в экспериментах, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры режима сварки, образцы-труба 110x10. ПЭ 100

Параметр	Температура окружающего воздуха T_0 , °С,		
	от минус 15 до 0	от 0 до плюс 20	от плюс 20 до с 35
Температура инструмента, T_n , °С	230 ± 10	220 ± 10	210 ± 10
Время нагрева торцев трубы, с	(100 – 140)* 130	(85 – 140)* 110	(70 – 125)* 90
Время охлаждения стыка, мин	6 - 7	7 - 8	8 - 9

* - интервалы, рекомендуемые нормативными документами

Оценку качества сварных образцов, осуществляли путем визуально-измерительного контроля и механических испытаний образцов на статическое растяжение в соответствии с нормами СП 42-103-2003.

За положительный результат при визуальном измерительном контроле принимались условия табл. 2 по СП 42-103-2003.

Таблица 2

Положительные результаты при визуальном измерительном контроле

Высота грата h , мм	2,5 – 4,5
Ширина грата b , мм	6,5 – 10,0

Из каждого сваренного стыка для механических испытаний вырезали по пять образцов равномерно распределенных по окружности.

При испытаниях на растяжение по правилам СП 42-103-2003 за положительный результат принимали отсутствие разрушений по типу III (хрупкое разрушение). Результаты экспериментов представлены в табл 3.

Таблица 3

Результаты механических испытаний на разрыв образцов ПЭ 100

№ образца (стыка трубы)	Температура среды, °C	Результаты ВИК Норма	Результаты механических испытаний
1	- 15	-	-
2	- 15	+	+
3	- 15	+	-
4	-15	-	+
5	-15	-	-
6	0	+	-
7	0	+	+
8	0	+	+
9	0	-	-
10	0	+	-
11	20	+	+
12	20	+	+
13	20	+	+
14	20	+	+
15	20	+	+
16	30	+	+
17	30	+	+
18	30	+	+
19	30	-	-
20	30	+	+

Анализ полученных результатов показал, что количество отбракованных образцов, как по результатам ВИК, так и по механическим испытаниям, существенно возрастает с понижением температуры окружающей среды, несмотря на коррекцию параметров режима сварки.

Одной из причин, таких результатов, связано с изменением свойств свариваемого материала, при температурах ниже 20 °C, в частности заметное ухудшение его пластических свойств, связанное со снижением подвижности

частей макромолекул в аморфных участках надмолекулярной структуры полимера. Это явление приводит к тому, что исправление овальности труб в зажимах установки происходит в области упругих деформаций и после выполнения операций сварки материал вблизи стыка накапливает остаточные напряжения повышенного уровня. Повышению напряжений способствует и увеличение градиента температур в зоне нагрева образцов вглубь заготовки, что делает неустойчивыми процессы течения расплава полимера на этапе осадки и затрудняет процессы перемешивания его в макро и микрообъемах.

Другой причиной снижения устойчивости получения качественных соединений при снижении температуры окружающей среды, проявляющегося в появлении дефектов, является проявление большей подверженности нарушения условий сварки в результате ветровых нагрузок. В результате действия порывов ветра температурное поле нагревателя нарушается из-за большой инертности регулирующих систем.

Сварка в условиях повышенных температур оказалась не столь критичной и предлагаемые НТД коррекции параметров вполне удовлетворяют условиям получения качественных соединений.

Таким образом, экспериментально установлено, что для обеспечения устойчивого качественного соединения полиэтиленовых труб в условиях пониженных температур, характерных для весеннего и осеннего периодов региона корректировки параметров режима, рекомендуемых нормативной документацией недостаточно.

Для обеспечения устойчивого получения качества сварных соединений было предложено спроектировать комплекс оборудования, обеспечивающий оптимальные температурные условия независимо от условий окружающей среды

Общий вид передвижного комплекса оборудования представлен на рис. 1-3. Комплекс обеспечивает термостатирование труб перед сваркой, механизированную подачу их в сварочное устройство и выполнение полного цикла сварки в оптимальных температурных условиях.

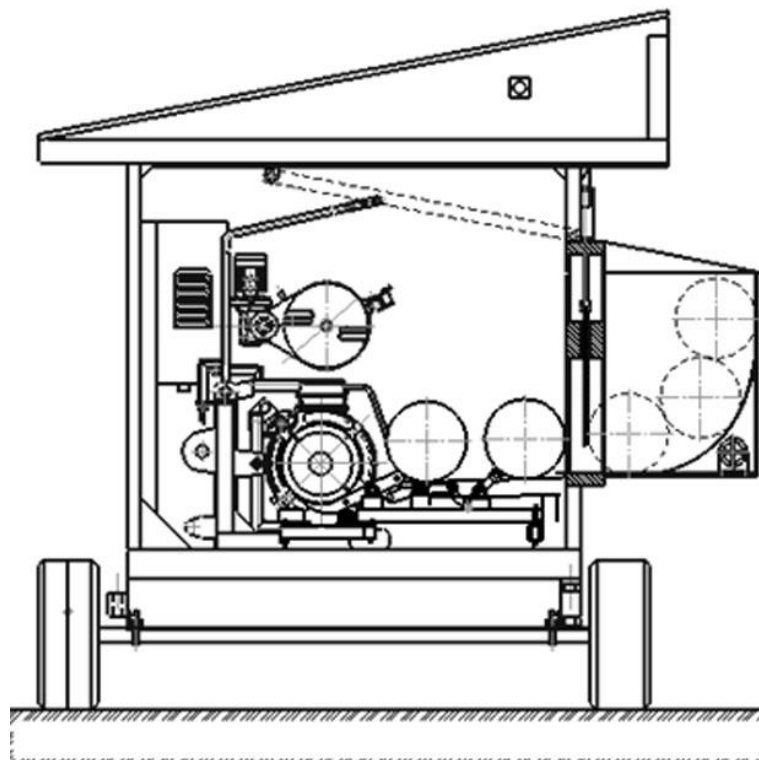


Рисунок 1 – Платформа комплекса с блоком термостатирования трубных заготовок

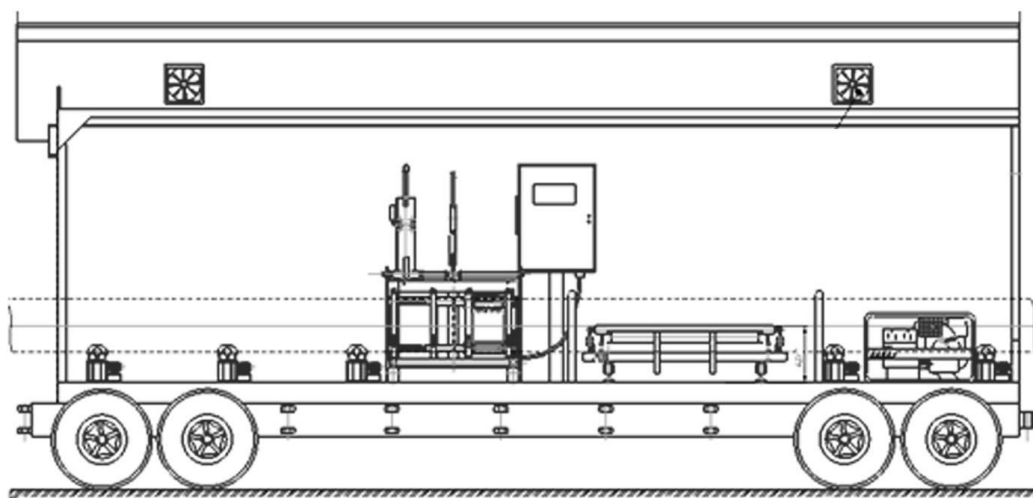


Рисунок 2 – Платформа комплекса со сварочной установкой

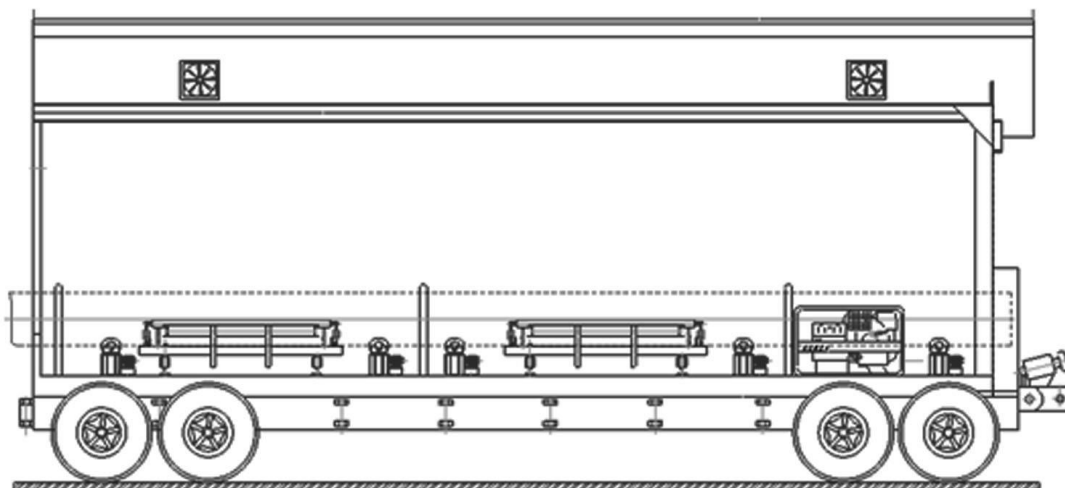


Рисунок 3 – Платформа комплекса с устройствами подачи заготовок

Комплекс представляет собой сцепку из двух передвижных платформ, снабженных откидным спуском для сваренной плети, легкий каркас обтянутый плотной тканью, устройства для подогрева воздуха с термостатом, дизельный генератор для питания сварочной установки и термостатирования и кондиционирования.

Комплекс обеспечен возможностью последовательного перемещения вдоль трассы с помощью трактора или тягача любого типа. На платформе смонтирована стандартная установка для стыковой сварки нагретым инструментом трубопроводов до 400мм включительно.

Заключение

Установлено, что при сварке полиэтиленовых трубопроводов в условиях пониженных и отрицательных температур по результатам визуально-измерительного контроля и механических испытаний существенно снижается стабильность качества сварных соединений .

Предлагаемый комплекс оборудования, оборудованный системой обеспечения в зоне сварки оптимальных температурных условий, обеспечит возможность проведения сварочных работ, начиная с ранних весенних месяцев, и заканчивая их глубокой осенью с гарантией получения стабильного качества сварных соединений.

Библиографический список

1. Сладков А.В. Проектирование и строительство наружных сетей водоснабжения и канализации из пластмассовых труб. М.: Стройиздат, 1988. 207 с. ISBN 5-274-00106-8.
2. Удовенко В. Е., Сафронова И. П., Сафронова Н. Б. Полиэтиленовые трубопроводы – это просто / под общ. ред. В. Е. Удовенко. М.: ЗАО «Полимергаз», 2003. – 237 с. ISBN 5-900058-08-5.
3. Волков С.С. Сварка и склеивание полимерных материалов: учебное

пособие для вузов. М.: Химия, 2001. 376 с. ISBN 5-7245-1089-8.

4. Кузнецова О.В., Сергеев В.И., Калугина Е.В [и др.]. Полимерные газопроводы служат долго // Полимерные трубы. 2007. №4. С. 50-55.

5. Соколов В. А. Оценка пластичности сварных соединений полиэтиленовых труб при испытании на растяжение // Сварка и контроль / матер. Всерос. междунар. уч. науч.-техн. конф. В 3-х т. Т. 3. Пермь: Изд-во ПермГТУ, 2004. С. 314-316.

6. Седикова А.В., Соколов В.А. Сварка полимерных труб в различных пространственных положениях // Техника и технология машиностроения / VI междунар. конф., 20-21 апр. 2017г. / ОмГТУ. Омск, 2017. С. 136 – 140.

7. Соколов В.А., Бондаренко Е.А. О влиянии формы грата на качество стыковых соединений полиэтиленовых труб // Омский регион – месторождение возможностей / материалы науч.-техн. конф. / ОмГТУ Омск:, 2011. №1. С. 86–87.