

## Сварка полипропиленовых труб при отрицательных температурах

Н.П. Старостин<sup>1</sup>, А.И. Герасимов<sup>2</sup>, Г.Б. Ботвин<sup>3</sup>, Е.В. Данзанова<sup>4\*</sup>

<sup>1-4</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем нефти и газа СО РАН, 677980, Россия, г. Якутск, Октябрьская, 1

### ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

УДК 691.175.5/8: 621.791.461

doi: 10.18720/CUBS.55.1

### История

Подана в редакцию 04.10.2016

### Ключевые слова

гидротехническое строительство;  
водоснабжение;  
полипропилен;  
сварка в раструб;  
подогрев;  
муфта;  
труба;  
сварные соединения;  
испытания на длительное  
растяжение;

### АННОТАЦИЯ

Предложен вариант сварки в раструб полипропиленовых труб водоснабжения при низких температурах (от – 50 до 0 °С) окружающего воздуха. Проведены испытания сварных раструбных соединений, изготовленных при различных режимах сварки. Показано, что существующие в нормативных документах кратковременные методы испытания качества сварных соединений полимерных труб не выявляют нарушения технологического режима сварки в раструб. Качество сварных раструбных соединений оценено испытаниями на длительное растяжение в среде с поверхностно-активным веществом. Установлено, что предлагаемая технология сварки в раструб полипропиленовых труб при низких температурах окружающего воздуха обеспечивает требуемый уровень качества для получаемых сварных раструбных соединений.

### Содержание

1.	Введение	8
2.	Методика эксперимента	8
3.	Результаты	13
4.	Обсуждение	15
5.	Заключение	15

#### Контакты авторов:

- 1 +7(914)2214495, nikstar56@mail.ru (Старостин Николай Павлович, д.т.н., заведующий лабораторией)
- 2 +7(964)4240789, dhv4071@mail.ru (Герасимов Александр Иннокентьевич, к.т.н., ведущий научный сотрудник)
- 3 +7(964)4240789, gleb-0379@mail.ru (Ботвин Глеб Владимирович, ведущий инженер)
- 3\* +7(964)4240789, dhv4071@mail.ru (Данзанова Елена Викторовна, к.т.н., старший научный сотрудник)

## 1. Введение

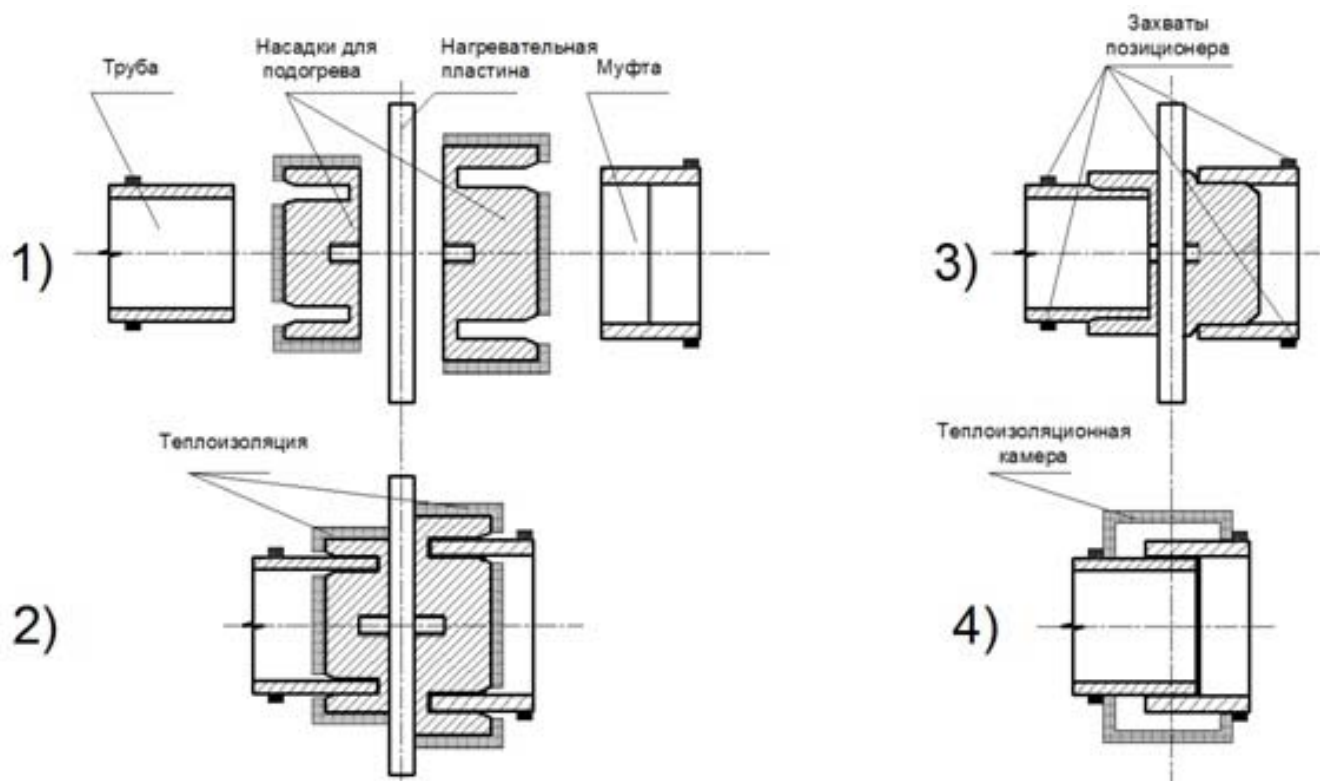
Согласно действующим нормативным документам сварочные работы при строительстве систем горячего и холодного водоснабжения из полипропиленовых труб рекомендуется проводить при положительных температурах окружающего воздуха, что зачастую служит причиной срыва сроков ввода новых объектов в эксплуатацию. Температурные ограничения по проведению сварки полимерных труб особенно затрудняют проведение строительных работ в регионах холодного климата, в которых количестве дней с положительными температурами не превышает 160 в год. В случаях необходимости проведения сварки при отрицательных температурах воздуха работы рекомендуется выполнять в укрытиях (палатках, шатрах и т. п.) с обеспечением подогрева зоны сварки [1]. Такая сварка связана с большими энергетическими непроизводительными затратами и длительными подготовительными работами, что недопустимо, например, при проведении ремонтных работ. Актуальной задачей является разработка технологии оперативной сварки полипропиленовых труб в раструб при отрицательных температурах воздуха без использования укрытий.

Ограничения по температуре наружного воздуха, при которой допускается проводить сварку полимерных труб, установлены на основе проведения большого объема сварочных работ при различных температурах воздуха. При низких температурах воздуха качество сварного соединения не удовлетворяет требованиям по прочности. При сварке полимерных материалов в условиях низких температур высокая скорость охлаждения способствует образованию большого количества центров кристаллизации, рост которых замедлен и формируется мелкокристаллическая структура, обуславливающая пластичность сварного шва [2]. В связи с этим для получения качественного сварного соединения полипропиленовых труб при температурах воздуха ниже нормативных, необходимо обеспечить протекание теплового процесса сварки по закономерностям, характерным для сварки в условиях допустимых температур воздуха. Эффективными в этом случае являются методы управления температурным режимом на основе методов математического моделирования теплового процесса. Такие задачи могут рассматриваться как обратные задачи теплообмена [3-4]. При этом управляющие воздействия входят в граничные условия или правые части уравнения теплопроводности в виде тепловых источников [5-8]. Тем не менее, при таком подходе определяются управляющие параметры, зависящие от времени, реализация которых усложняет технологию сварки. В связи с этим управление теплового процесса сварки полимерных труб осуществляется с использованием простых устройств. [9-10]. Например, предварительного подогрева свариваемых концов полимерных труб нагревательным инструментом и охлаждение сварного соединения в теплоизоляционной камере, параметры которых рассчитываются из критерия качества нагрева и охлаждения.

Математическое моделирование позволяет описать тепловой процесс дифференциальным уравнением теплопроводности с учетом теплоты фазового перехода. [11]. Путем решения уравнения теплопроводности формируются массивы температур, характеризующие тепловое состояние во множестве точек сварного соединения в различные моменты времени. На основе анализа полученных температурных полей и их динамики определяются параметры сварки при различных температурах ниже нормативных. Определение параметров сварки полиэтиленовых труб при низких температурах воздуха нагретым инструментом встык и с помощью закладных нагревателей рассматривалось в работах [12-13]. В данной работе параметры сварки полипропиленовых труб в раструб при отрицательных температурах рассчитывались по методике, приведенной в работе [14]. Для того, чтобы оценить надежность разработанных технологий сварки полимерных труб проводятся различные методы испытаний сварных соединений [15-19]. В то же время существующие методики испытаний сварных соединений являются малоинформативными, а в некоторых случаях объективной информации практически не дают. Наиболее информативными испытаниями при стандартизации новых технологий сварки полимерных труб являются испытания сварных соединений на длительное растяжение в среде с поверхностно-активным веществом [20].

## 2. Методика эксперимента

Сварка полипропиленовых труб PPRC PN10 производилась при различных температурах окружающего воздуха с заведомо измененными параметрами сварки, т. е. с нарушениями технологии, а также с предварительным подогревом, продолжительности которой определялись расчетным путем. В условиях допустимых (выше 0 °С) температур окружающего воздуха сварка производилась по стандартным параметрам, существующим в действующих нормативных документах по строительству и проектированию полипропиленовых труб [1, 21]. В условиях низких климатических температур сварка в раструб полипропиленовых труб производилась согласно схеме, приведенной на Рисунке 1.



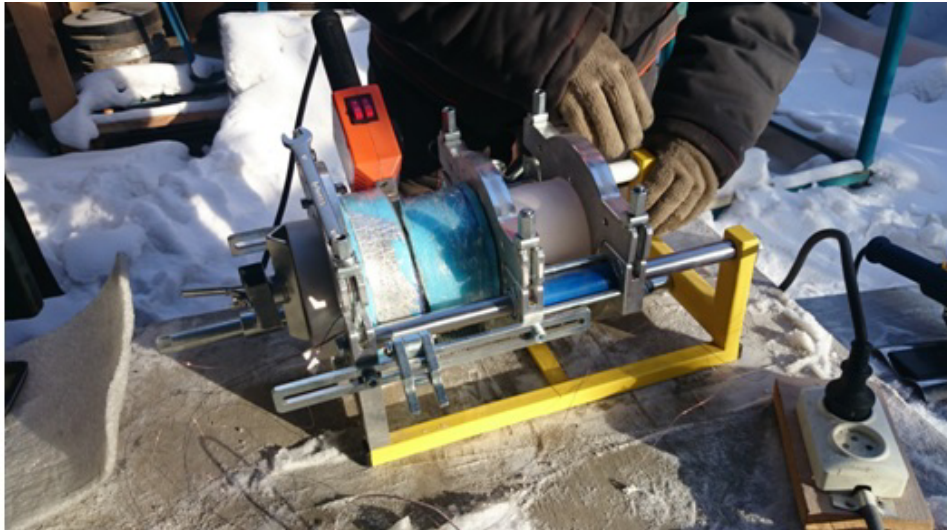
**Рис. 1. Технологическая схема сварки полипропиленовых труб при отрицательных температурах: 1-2 – предварительный подогрев; 3 – оплавление; 4 – охлаждение**

Ранее в работе [14] приведены результаты математического моделирования процесса сварки в раструб полипропиленовых труб при низких температурах окружающего воздуха, на основе которых были получены расчетные данные продолжительности подогрева и свободного охлаждения свариваемых деталей перед сваркой (таблица 1). Для достижения равномерного распределения температур в свариваемых деталях нужно выдержать определенное время. Так как, известно, что за счет неравномерности температурного поля в сварном соединении возникают температурные напряжения, которые негативно сказываются на его прочности [22].

**Таблица 1. Расчетные данные продолжительности подогрева для муфты (М), труб PN10 (Т) и их охлаждения для выравнивания температур (Охл) в секундах**

		Температура окружающего воздуха, °С														
		-50			-40			-30			-20			-10		
		М	Т	Охл	М	Т	Охл	М	Т	Охл	М	Т	Охл	М	Т	Охл
Наружный диаметр трубы Ø, мм	50	120	60	30	120	90	40	120	90	50	90	60	60	90	60	90
	63	180	90	40	180	120	50	180	90	60	120	90	80	120	90	120
	75	300	180	50	240	120	60	240	120	70	180	120	90	180	120	150
	90	360	180	50	300	180	60	300	180	90	300	180	120	240	120	150
	110	540	240	60	480	240	60	480	240	90	420	180	120	300	180	180





**Рис. 2. Предварительный подогрев муфты и трубы с помощью насадок для предварительного подогрева (4 минуты)**



**Рис. 3. Свободное охлаждение муфты и трубы для выравнивания температур (2 минуты)**



**Рис. 4. Нагревание (оплавление) внутренней поверхности муфты и внешней поверхности трубы с помощью насадок для сварки**

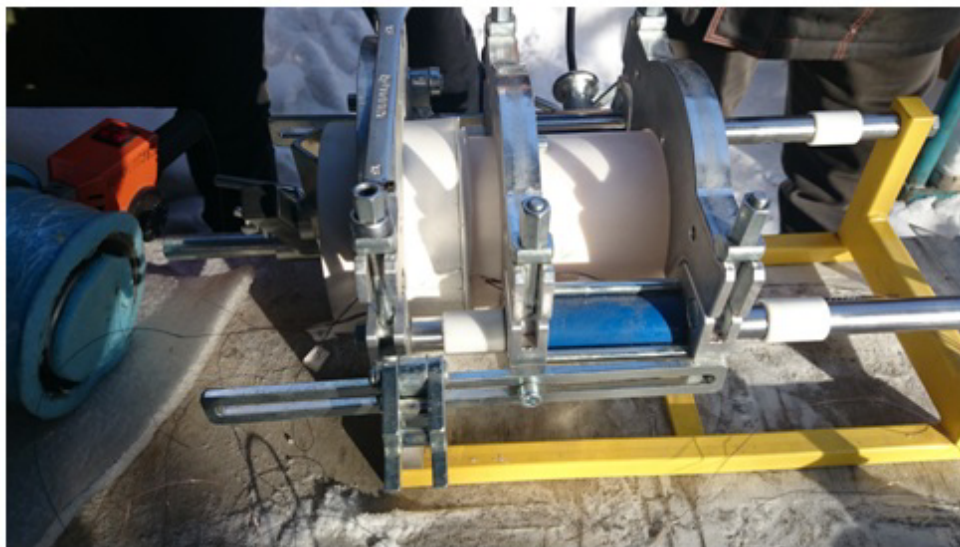


Рис. 5. Раструбное соединение полипропиленовой труба и муфты



Рис. 6. Охлаждение сварного раструбного соединения под слоем теплоизоляции после сварки при низких температурах (8 минут)

Сварка в раструб полипропиленовых труб производилась по следующим режимам:

**Режим 1.** Стандартная сварка при температуре окружающего воздуха  $T_{ов}$  выше  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , все параметры согласно нормативным документам;

**Режим 2.** Сварка с нарушением технологии: температура окружающего воздуха  $T_{ов}$  ниже  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  без укрытия, остальные параметры согласно нормативным документам;

**Режим 3.** Сварка при температурах окружающего воздуха  $T_{ов}$  от  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , с использованием предварительного подогрева свариваемых муфты и трубы и охлаждением сварного соединения без теплоизоляционной камеры. Продолжительность предварительного подогрева и свободного охлаждения определялась из таблицы № 1;

**Режим 4.** Сварка при температурах окружающего воздуха  $T_{ов}$  от  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , с использованием предварительного подогрева (Таблица 1) свариваемых муфты и трубы и охлаждением сварного соединения в теплоизоляционной камере. Использование теплоизоляционной камеры при низких температурах позволяет поддерживать такую же скорость охлаждения, как при сварке при допустимых температурах.

По истечении 24 часов после сварки образцы сварных соединений подвергались испытаниям по оценке качества, согласно требованиям в нормативных документах, а именно на стойкость при постоянном внутреннем давлении, гидравлические испытания, на статический отдр, на сдвиг сжатием.

Испытания на стойкость при постоянном внутреннем давлении проводились ГОСТ ISO 1167-1-2013 [23]. Раструбное соединение испытывается определенное время под избыточным



гидравлическим давлением, при температуре 80 °С. Качество сварного соединения определяется отсутствием разрывов стыков или соединительных деталей. Испытания выдержали все образцы сварных соединений.

Гидравлические испытания напорных трубопроводов проводились согласно СП 40-101-96 [1]. Трубопровод выдерживается в течение 0,5 часа при испытательном давлении равном рабочему давлению, умноженному на коэффициент 1,5. Испытание выдержали все образцы.

Испытания на статический отдр [24] выполнялись изгибом свободной части образца, заземленного на половину длины сварного шва (рис. 7).

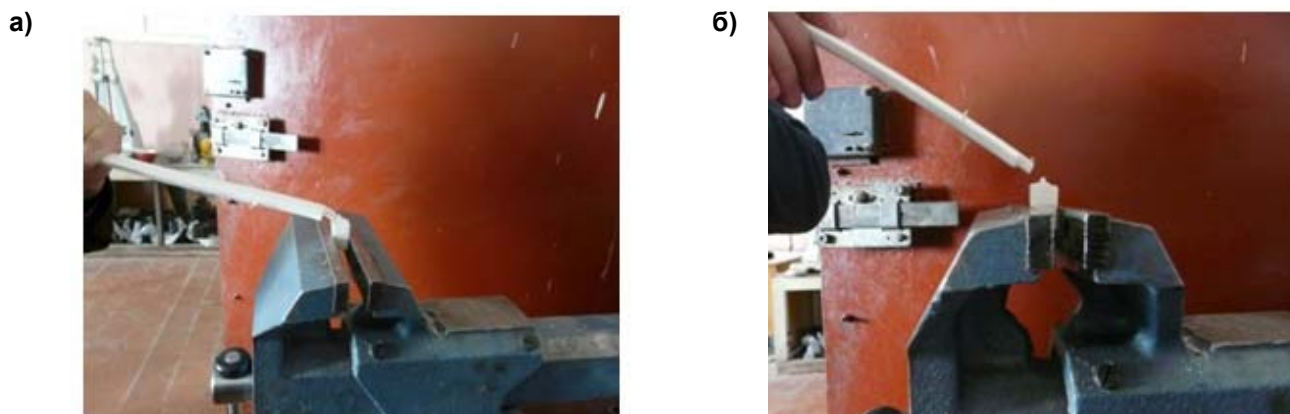


Рис.7. Общий вид испытаний на отдр образцов сварных соединений: а) изгиб свободной части образца; б) характерное разрушение по основному материалу

При испытаниях на статический отдр все образцы, включая сварные соединения, полученные с нарушением технологии (Режим 4), разрушились по основному материалу.

Испытания раструбных соединений на сдвиг сжатием проводились согласно ВСН 440-83 [22] на кольцевых образцах высотой  $h$ , равной половине глубины раструба  $l$ , вырезаемых из раструбного соединения трубы с соединительной деталью (рис. 8). Качество сварного раструбного соединения считается удовлетворительным:

а) если при испытании трубчатых образцов все разрушения происходили по основному материалу трубы или соединительной детали;

б) если при испытании кольцевых образцов на сдвиг разрушающее напряжение для образцов из полипропилена составило не менее 16 МПа (160 кгс/см<sup>2</sup>).

Разрушающее напряжение при сдвиге  $\sigma_{p\text{ сдв}}$  определялось по формуле

$$\sigma_{p\text{ сдв}} = \frac{P_p}{\pi D_c h}$$

где  $P_p$  - разрушающая нагрузка, Н;  $D_c$  - диаметр поверхности сварки, равный наружному диаметру трубы, мм;  $h$  - высота кольца, мм.



Рис. 8. Испытание раструбного сварного соединения на сдвиг сжатием на машине ИП-1А-1000

### 3. Результаты

Значения разрушающего напряжения при сдвиге образцов, сваренных при испытанных режимах сварки, соответствуют значениям образцов, сваренных при положительных температурах окружающего воздуха.

**Таблица 2. Результаты испытаний раструбных сварных соединений полипропиленовых труб на сдвиг сжатием**

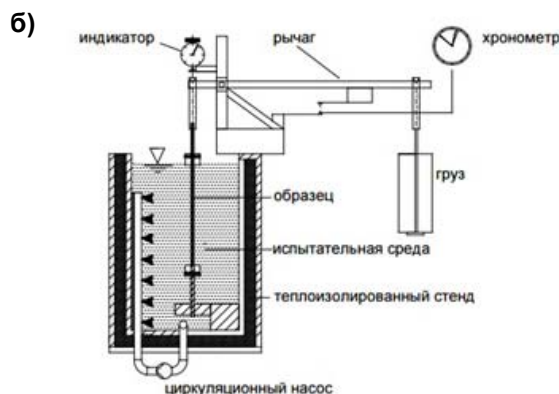
Режим сварки	Среднее значение разрушающего напряжения при сдвиге $\sigma_{p,сдв}$ , МПа
Режим 1, стандартная сварка, $T_{ов} = +13^{\circ}\text{C}$	15,33
Режим 2, сварка с нарушением, $T_{ов} = -19^{\circ}\text{C}$	15,58
Режим 3, сварка с предварительным подогревом, $T_{ов} = -22^{\circ}\text{C}$	15,64
Режим 4, сварка с предварительным подогревом и охлаждением сварного соединения в теплоизоляционной камере, $T_{ов} = -22^{\circ}\text{C}$	15,47

Таким образом, существующими методами испытаний невозможно адекватно оценить качество сварных соединений полипропиленовых труб, произведенных сваркой в раструб при различных условиях и температурах окружающей среды.

Для оценки качества сварных соединений в сочетании с испытаниями на кратковременную прочность ценные результаты дает испытание на длительное растяжение в режиме ползучести. Особенно важны длительные испытания для соединений, несущих нагрузку длительное время, каковым является трубопровод водоснабжения.

Испытание на ползучесть при растяжении проводится согласно ГОСТ Р 55142-2012 [25]. Для этого используется стенд, в котором образцы со сварным соединением подвергаются статической нагрузке при постоянной температуре. На рис. 9 представлен стенд для испытания на длительную прочность сварных соединений, изготовленный в ИПНГ СО РАН.

Стенд позволяет поддерживать в 12 образцах постоянное статическое растягивающее усилие на каждом образце в течение всего времени испытания. Перед нагружением образцы кондиционируются при комнатной температуре с последующим погружением в испытательную среду. Нагружение образцов осуществляется плавно после выравнивания температуры в испытательной ванне. В качестве испытательной среды используется дистиллированная вода с 2 %-м содержанием смачивающего поверхностно-активного вещества ОП-10 по ГОСТ 8433 [26]. В процессе испытания обеспечивается неизменная концентрация смачивающего вещества с точностью  $\pm 5\%$ . Температура испытательной среды  $+95^{\circ}\text{C}$  поддерживается постоянной в течение испытаний автоматически. В процессе испытаний автоматически фиксируется время выдержки в испытательной среде до разрушения образцов.



**Рис. 9. Стенд для испытаний на длительное растяжение: а) Общий вид; б) Схема стенда**

Нагрузка при проведении испытания выбиралась таким образом, чтобы характер разрушения образца был хрупкий. Усилие рассчитывалось исходя из минимального поперечного сечения образца. Согласно ГОСТ Р 55142-2012 для полипропилена типа 3 (рандом сополимера) рекомендуемое напряжение при испытании, при котором наблюдается хрупкое разрушение образцов в двухпроцентном водном растворе поверхностно-активного вещества (ОП-7 или ОП-10) с температурой  $95^{\circ}\text{C}$ , составляет  $3,5 \text{ Н/мм}^2$ . Для полипропилена типа 1 (гомополимер) рекомендуемое напряжение составляет  $4 \text{ Н/мм}^2$ . При этом минимальная стойкость основного материала при длительном растяжении составляет 800 часов (примерно 33 суток), что неприемлемо при выборе технологического режима в короткий срок.

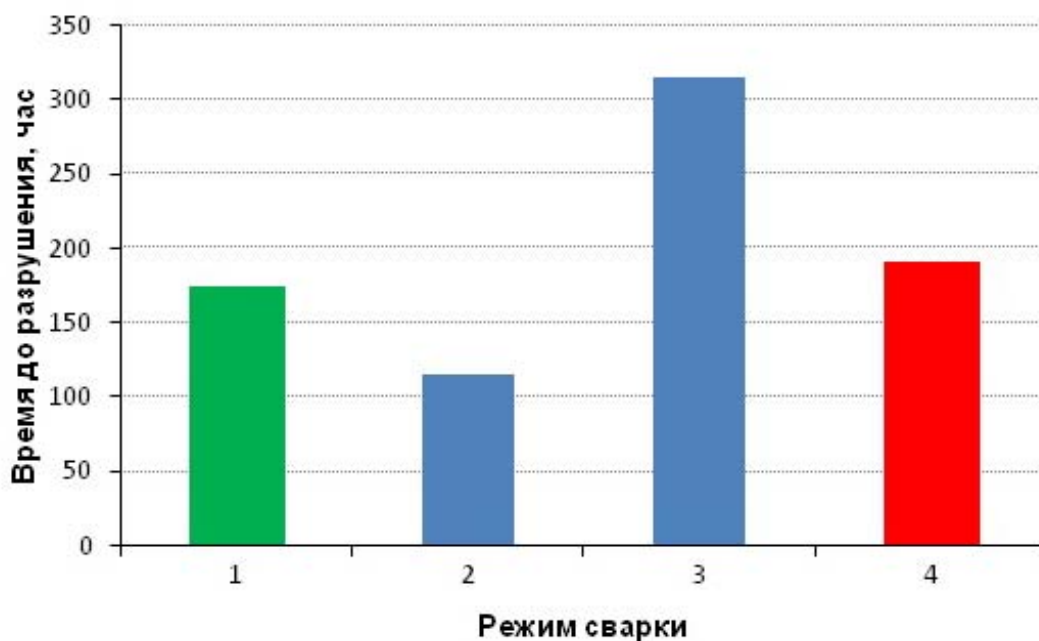
Кроме того, при таких испытаниях необходимо обеспечить хрупкое разрушение образца по месту сварки. При длительных испытаниях на стенде в образцах, полученных стыковой сваркой труб, разрушение происходит по месту сварки. Образцы, полученные раструбной сваркой, разрушаться не по месту сварки, а по основному материалу, поскольку площадь сварки всегда больше минимальной площади поперечного сечения образца.

В связи с этим появилась необходимость разработки методики длительных испытаний, позволяющей на стенде разрушать образцы по месту сварки за время, исчисляемое несколькими сутками. Такое разрушение можно получить уменьшением площади сварки в образце посредством нанесения надрезов со стороны муфты и трубы.

Проведены многочисленные длительные испытания образцов сварных раструбных соединений среде с поверхностно-активным веществом при температуре 95 с варьированием напряжений в интервале от 3,4 до 10 МПа, путем изменения площадей сварных швов от 30 до 58 мм<sup>2</sup> и нагрузки от 20 до 30 кг. В результате экспериментов для дальнейших испытаний выбрано напряжение 5,7 МПа на образцах с площадью сварного шва равной 35 мм<sup>2</sup>. Длительным испытаниям подвергались по 6 образцов раструбных сварных соединений труб диаметром Ø 63 мм, полученных при различных режимах сварки, результаты приведены в таблице 3 и на рис. 10

**Таблица 3. Результаты длительных испытаний образцов сварных раструбных соединений**

Режимы сварки	Среднее время до разрушения образцов, час.
Режим 1, стандартная сварка, Тов = +22 °С	174,5
Режим 2, сварка с нарушением, Тов = -16 °С	115
Режим 3, сварка с предварительным подогревом, Тов = -40 °С	314,5
Режим 4, сварка с предварительным подогревом и охлаждением сварного соединения в теплоизоляционной камере, Тов = -40 °С	191



**Рис. 10. Время разрушения образцов сварных раструбных соединений, полученных при различных режимах сварки**



## 4. Обсуждение

Существующие в действующих нормативных документах методы испытаний такие как испытания на стойкость при постоянном внутреннем давлении, гидравлические испытания выдерживают все сварные соединения, в том числе сваренные с нарушениями технологии сварки (Режим 2).

При испытаниях на статический отдр в случае некачественно выполненной сварки образцы должны разрушиться по зоне сварки. Все сварные раструбные соединения выдержали данные испытания, т. к. разрушения происходили по основному материалу.

Как видно по результатам испытаний на сдвиг сжатием средние значения разрушающего напряжения сварных раструбных соединений, произведенных при различных режимах сварки, находятся на одном уровне. Поэтому адекватно оценить качество полученных сварных соединений невозможно.

При длительных испытаниях получены следующие результаты:

1. Время разрушения сварных раструбных соединений, полученных при низких температурах с предварительным подогревом, соответствует длительной прочности соединений стандартной сварки;
2. Время разрушения сварных раструбных соединений, полученных при низких температурах с нарушением технологического режима сварки, ниже соответствующего показателя образцов стандартной сварки;
3. Время разрушения сварных раструбных соединений, полученных при низких температурах с предварительным подогревом и охлаждением без камеры, свидетельствует о первостепенной значимости предварительного подогрева при сварке при низких температурах и возможности повышения длительной прочности раструбного соединения путем интенсивного охлаждения.

## 5. Заключение

В условиях температур окружающего воздуха ниже нормативных возможно получение качественного сварного раструбного соединения путем предварительного подогрева полипропиленовых трубы и муфты дополнительным источником тепла и свободного охлаждения для выравнивания температурного поля непосредственно перед сваркой и охлаждением полученного сварного соединения в теплоизоляционной камере.

Существующие в нормативных документах методы кратковременных испытаний, являются малоинформативными и четкой картины о прочности сварных раструбных соединений не дают. В связи с этим необходимо разрабатывать новые методики испытаний для контроля качества сварных раструбных соединений полимерных труб.

Результатами испытаний на длительное растяжение в среде с поверхностно-активным веществом показана эффективность предлагаемой технологии оперативной сварки в раструб полипропиленовых труб при низких температурах окружающего воздуха без строительства временных отапливаемых укрытий.

### Литература

- [1] СП 40-101-96 Свод правил по проектированию и монтажу трубопроводов из полипропилена «Рандом сополимер». М: ГУП ЦПП, 1997. 33 с.
- [2] Кайгородов Г.К., Каргин В.Ю. Влияние скорости охлаждения полиэтиленового сварного шва на его прочность // Трубопроводы и экология. 2001. № 2. С.13-14.
- [3] Алифанов О.М. Обратные задачи теплообмена. М.: Машиностроение, 1988. 280 с.
- [4] Самарский А.А., Вабищевич П.Н. Численные методы решения обратных задач математической физики. М.: ЕдиториалУРСС, 2004. 480 с.
- [5] Beck J.V., Blackwell B., St Clair C.R. Jr. Inverse Heat Conduction. Ill-posed problems. New York: A Wiley – Interscience Publication, 1985. 308 p.
- [6] Liu C.-S. An Iterative Algorithm for Identifying Heat Source by Using a DQ and a Lie-Group Method // Inverse Problems in Science and Engineering. 2015. Vol. 23(1). P. 67-92.
- [7] Chen W.L., Yang Y.C., Chu S.S. Estimation of heat generation at the interface of cylindrical bars during friction process // Appl. Thermal Engineering. 2009. Vol. 29. P. 351-357.
- [8] Chen W. L., Yang Y. C. Inverse problem of estimating the heat flux at the roller/workpiece interface during a rolling process // Appl. Thermal Engineering. 2010. Vol. 30. P.1247-1254.

- [9] Способ сварки полимерных труб : пат. 2343331Рос. Федерация. № 2006144681/06 ; заявл. 14.12.2006 ; опубл. 10.01.2009, Бюл. № 1. 7 с.
- [10] Способ муфтовой сварки полимерных труб: пат. 2450202 Рос. Федерация. № 2010130131/06 ; заявл. 19.07.2010 ; опубл. 10.05.2012, Бюл. № 13. 5 с.
- [11] Chebbo Z., Vincent M., Boujlal A., Gueugnaut D., Tillier Y. Numerical and experimental study of the electrofusion welding process of polyethylene pipes // Polym. Eng. Sci. Vol. 55. Issue 1. P. 123–131.
- [12] Старостин Н.П., Аммосова О.А., Ботвин Г.В. Тепловой процесс сварки полипропиленовых труб в раструб при низких температурах // Сварка и диагностика. 2015. № 6. С. 57-61.
- [13] Старостин Н.П., Аммосова О.А. Моделирование теплового процесса сварки полиэтиленовых труб встык при низких температурах // Инженерно-физический журнал. 2016. Т. 89. № 3. С. 706-713.
- [14] Старостин Н.П., Аммосова О.А. Управление тепловым процессом сварки полиэтиленовых труб при низких температурах // Сварочное производство. 2013. № 6. С. 16-19.
- [15] Rojek M., Stabik J., Muzia G. Thermography in plastics welding processes assessment // Journal of Achievements in Materials and manufacturing Engineering. Vol. 41. Issue 1-2. July-august 2010. P. 40-47.
- A. Dasari, R.D.K. Misra. Microscopic aspects of surface deformation and fracture of high density polyethylene // Materials Science and Engineering Group: A. Vol. 367. Issue 1-2. 2004. P. 248-260.
- [16] Tarek M.A.A. El-Bagory, Hossam E.M. Sallam, Maher Y.A. Younan. Effekt of strain rate, thickness, welding on the J-R curve for polyethylene pipe materials // Theoretical and fracture Mechanics. Vol. 74. December 2014. P. 164-180.
- [17] J. Cazenave, R. Seguela B. Sixou, Y. Germain. Short-term mechanical and structural approaches for the evaluation of polyethylene stress crack resistance // Polymer. Vol. 47. Issue 11. 17 May 2006. P. 3904–3914.
- [18] Study on Fracture Properties of High-density Polyethylene (HDPE) Pipe / Fangjuan Qi, Lixing Huo, Yufeng Zhang, Hongyang Jing. // Key Engineering Materials. Vols. 261-263. 2004. P. 153-158.
- [19] Шурайц А.Л., Каргин В.Ю., Вольнов Ю.Н. Газопроводы из полимерных материалов: Пособие по проектированию, строительству и эксплуатации. Саратов: Журнал «Волга - XXI век», 2007. 612 с.
- [20] ВСН 47-96. Ведомственные строительные нормы по проектированию и монтажу внутренних систем водоснабжения из полипропиленовых труб «Рандом сополимер» (PPRC); введ. 01.08.96. М.: Ротапринт Мосоргстроя 1996. 14с.
- [21] Моделирование температурных полей и напряжений в полиэтиленовых трубах при сварке нагретым инструментом / Н.П. Нестеренко, И.К. Сенченков, О.П. Червинко, М.Г. Менжерес // Автоматическая сварка. 2009. № 2. С. 11-15.
- [22] ГОСТ ISO 1167-1-2013. Трубы, соединительные детали и узлы соединений из термопластов для транспортирования жидких и газообразных сред. Определение стойкости к внутреннему давлению. Часть 1. Общий метод. Взамен ГОСТ 24157-80. М.: Стандартиформ, 2014. 15 с.
- [23] ВСН 440-83 Инструкция по монтажу технологических трубопроводов из пластмассовых труб. М.: ЦБНТИ Минмонтажспецстроя СССР, 1984. 43 с.
- [24] ГОСТ Р 55142-2012. Испытания сварных соединений листов и труб из термопластов. Методы испытаний. М.: Стандартиформ, 2013. 68 с.
- [25] ГОСТ 8433-81. Вещества вспомогательные ОП-7 и ОП-10. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1981. 16 ил. 15 с.

## Welding of the polypropylene pipes at low ambient temperatures

N.P. Starostin<sup>1</sup>, A.I. Gerasimov<sup>2</sup>, G.B. Botvin<sup>3</sup>, E.V. Danzanova<sup>4\*</sup>

<sup>1-4</sup> Institute of Oil and Gas problems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science, 677890, Russia, Yakutsk, ul. Oktyabrskaya, d.1

### ARTICLE INFO

scientific article

doi: 10.18720/CUBS.55.1

### Article history

Received 04.10.2016

### Keywords

Hydraulic engineering;  
Water supply;  
polypropylene;  
welding into the socket;  
heating;  
coupling;  
pipe;  
welded joints;  
test on a long stretch;

### ABSTRACT

A technique of welding into the socket in polypropylene pipes at low ambient temperatures is offered. The tests of welded socket joints made with different welding modes are carried out. It is shown that the short-term testing methods of the quality of welded joints of polymeric pipes existing in the normative documents do not reveal a violation of technological modes of welding into socket. Quality of welded joints is estimated by tests on a long stretch in the environment with surfactant. It is established that the proposed welding technology into the socket of polypropylene pipes at low ambient temperatures provides the required level of quality produced for welded socket joints.

### References

- [1] Set of Rules SP 40-101-96 Svod pravil po proektirovaniyu i montazhu truboprovodov iz polipropilena «Random sopolimer» [Design and instruction from polipropilene «Random copolymer»]. Moscow: GUP TsPP, 1997. 33 p.
- [2] Kaygorodov G.K., Kargin V.Yu. Truboprovody i ekologiya. 2001. No. 2. Pp.13-14. (rus)
- [3] Alifanov O.M. Obratnye zadachi teploobmena [inverse problems of heat exchange]. Moscow : Mashinostroenie, 1988. 280 p. (rus)
- [4] Samarskiy A.A., Vabishchevich P.N. Chislennyye metody resheniya obratnykh zadach matematicheskoy fiziki [Numerical methods of solution of the inverse problems of mathematical physics]. Moscow : EditorialURSS, 2004. 480 p. (rus)
- [5] Beck J.V., Blackwell B., St Clair C.R. Jr. Inverse Heat Conduction. Ill-posed problems. New York: A Wiley – Interscience Publication, 1985. 308 p.
- [6] Liu C.-S. An Iterative Algorithm for Identifying Heat Source by Using a DQ and a Lie-Group Method. Inverse Problems in Science and Engineering. 2015. Vol. 23(1). Pp. 67-92.
- [7] Chen W.L., Yang Y.C., Chu S.S. Estimation of heat generation at the interface of cylindrical bars during friction process. Appl. Thermal Engineering. 2009. Vol. 29. Pp. 351-357.
- [8] Chen W. L., Yang Y. C. Inverse problem of estimating the heat flux at the roller/workpiece interface during a rolling process. Appl. Thermal Engineering. 2010. Vol. 30. Pp.1247-1254.
- [9] Sposob svarki polimernykh trub [Welding method of polymeric pipes] pat. 2343331 Ros. Federatsiya. No. 2006144681/06; zayavl. 14.12.2006 ; opubl. 10.01.2009, Byul. No. 1. 7 p.

### Contact information:

- 1 +7(914)2214495, nikstar56@mail.ru (Nikolay Starostin, Ph.D., Head of Laboratory)
- 2 +7(964)4240789, dhv4071@mail.ru (Aleksander Gerasimov, Ph.D., Leader Research Officer)
- 3 +7(964)4240789, gleb-0379@mail.ru (Gleb Botvin, Senior Engineer)
- 4\* +7(964)4240789, dhv4071@mail.ru (Elena Danzanova, Ph.D., Senior Research Officer)



- [10] Sposob muftovoy svarki polimernykh trub [Procedure for socket welding of polymer pipes]: pat. 2450202 Ros. Federatsiya. No. 2010130131/06 ; zayavl. 19.072010 ; opubl. 10.05.2012, Byul. No. 13. 5 p.
- [11] Chebbo Z., Vincent M., Boujlal A., Gueugnaut D., Tillier Y. Numerical and experimental study of the electrofusion welding process of polyethylene pipes. Polym. Eng. Sci. Vol. 55. Issue 1. Pp. 123–131.
- [12] Starostin N.P., Ammosova O.A., Botvin G.V. Welding and Diagnostics. 2015. No. 6. Pp. 57-61. (rus)
- [13] Starostin N.P., Ammosova O.A. Journal of Engineering Physics and Thermophysics. 2016. T. 89. No. 3. Pp. 706-713.(rus)
- [14] Starostin N.P., Ammosova O.A. Svarochnoe proizvodstvo. 2013. No. 6.Pp. 16-19. (rus)
- [15] Rojek M., Stabik J., Muzia G. Thermography in plastics welding processes assessment. Journal of Achievements in Materials and manufacturing Engineering. Vol. 41. Issue 1-2. July-august 2010. Pp. 40-47.
- A. Dasari, R.D.K. Misra. Microscopic aspects of surface deformation and fracture of high density polyethylene. Materials Science and Engineering Group: A. Vol. 367. Issue 1-2. 2004. Pp. 248-260.
- [16] Tarek M.A.A. El-Bagory, Hossam E.M. Sallam, Maher Y.A. Younan. Effekt of strain rate, thickness, welding on the J-R curve for polyethylene pipe materials. Theoretical and fracture Mechanics. Vol. 74. December 2014. Pp. 164-180.
- [17] J. Cazenave, R. Seguela B. Sixou, Y. Germain. Short term mechanical and structural approaches for the evaluation of polyethylene stress crack resistance. Polymer. Vol. 47. Issue 11. 17 May 2006. Pp. 3904- 3914.
- [18] Fangjuan Qi, Lixing Huo, Yufeng Zhang, Hongyang Jing. Study on Fracture Properties of High-density Polyethylene (HDPE) Pipe. Key Engineering Materials. Vols. 261-263. 2004. Pp. 153-158.
- [19] Shurayts A.L., Kargin V.Yu., Vol'nov Yu.N. Gazoprovody iz polimernykh materialov [Gas pipelines from polymeric materials]. Saratov : Zhurnal «Volga - XXI vek», 2007. 612 p. (rus)
- [20] Industrial Construction Standards VSN 47-96. Vedomstvennye stroitel'nye normy po proektirovaniyu i montazhu vnutrennikh sistem vodosnabzheniya iz polipropilenovykh trub «Random sopolimer» (PPRC) [Industry-Specific Building Code for the Design and Installation of Domestic Water Supply Systems Made of Polypropylene Random Copolymer (PPRC) Pipes]; vved. 01.08.96. Moscow: Rotaprint Mosorgstroya 1996. 14 p.
- [21] Nesterenko N.P., Senchenkov I.K., Chervinko O.P., Menzheres M.G. Avtomaticheskaya svarka. 2009. No. 2. Pp. 11-15. (rus)
- [22] Russian State Standard GOST ISO 1167-1-2013. Truby, soedinitel'nye detali i uzly soedineniy iz termoplastov dlya transportirovaniya zhidkikh i gazoobraznykh sred. Opredelenie stoykosti k vnutrennemu davleniyu. Chast' 1. Obshchiy metod.[Thermoplastics pipes, fittings and assemblies for the conveyance of fluids. Determination of the resistance to internal pressure. Part 1. General method] Vzamen GOST 24157-80. Moscow: Standartinform, 2014. 15 p.
- [23] Industrial Construction Standards VSN 440-83 Instruksiya po montazhu tekhnologicheskikh truboprovodov iz plastmassovykh trub [The instruction for installation of technological pipelines from plastic pipes]. Moscow: TsBNTI Minmontazhspeksstroya SSSR, 1984. 43 p.
- [24] Russian State Standard GOST R 55142-2012. Ispytaniya svarykh soedineniy listov i trub iz termoplastov. Metody ispytaniy [Testing of welded joints of thermoplastic sheets and pipes: Test methods]. Moscow: Standartinform, 2013. 68 p.
- [25] Russian State Standard GOST 8433-81. Veshchestva vspomogatel'nye OP-7 i OP-10. Tekhnicheskie usloviya [Indirect materials OP-7, OP-10. Specifications]. Moscow: Izd-vo standartov, 1981. 16 il. 15 p.

*Старостин Н.П., Герасимов А.И., Ботвин Г.Б., Данзанова Е.В. Сварка полипропиленовых труб при отрицательных температурах, Строительство уникальных зданий и сооружений, 2017, №4 (55). С. 7-18.*

*Starostin N.P., Gerasimov A.I., Botvin G.B., Danzanova E.V. Welding of the polypropylene pipes at low ambient temperatures. Construction of Unique Buildings and Structures. 2017. 4(55). Pp. 7-18. (rus)*