

**Ботвин Г.В., инженер,
Данзанова Е.В., канд. техн. наук, н.с.,
Герасимов А.И., канд. техн. наук, в.н.с.
Институт проблем нефти и газа СО РАН**

ИССЛЕДОВАНИЕ СВАРКИ В РАСТРУБ ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫХ ТРУБ ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Dhv4071@mail.ru

В настоящее время, согласно нормативным документам, сварку в раструб полипропиленовых труб разрешается производить только при положительных температурах окружающей среды. В Институте проблем нефти и газа СО РАН ведутся работы по разработке технологии сварки полипропиленовых труб, позволяющих производить сварку при температурах до -50 °С. В статье приведены результаты исследований по сварке в раструб полипропиленовых труб при отрицательных температурах окружающей среды. Показано, что существующие методы контроля качества сварных раструбных соединений малоинформативны и не выявляют нарушения технологии сварки. Предложен метод количественной оценки прочности по месту сплавления сварных раструбных соединений полипропиленовых труб. Использование данного метода показано, что прочность сварных соединений полипропиленовых труб, произведенных сваркой при отрицательных температурах с использованием предварительного подогрева и охлаждением без теплоизоляции соответствует прочности сварных соединений, полученных стандартной сваркой при допустимых температурах атмосферного воздуха.

Ключевые слова: полипропилен, сварка в раструб, сварное раструбное соединение, разрушающее напряжение, прочность.

Введение. Соединение полипропиленовых труб для водоснабжения, как правило, производят сваркой в раструб, которое надежно и стоимость сварочного оборудования почти в сто раз дешевле, чем стоимость оборудования по сварке встык или закладным нагревательным элементом. По действующим на сегодняшний день нормативным документам сварку полипропиленовых труб можно производить только при положительных температурах окружающего воздуха [1, 2]. В то же время в ИПНГ СО РАН разработана технология сварки полимерных труб при низких температурах, основанная на использовании низкого коэффициента теплопроводности полимерных материалов и локальном нагреве области сварки до нормативных температур производства сварки [3].

Целью исследований являлась исследование прочности сварных раструбных соединений полипропиленовых труб, произведенных при отрицательных температурах.

Основная часть. Сварка в раструб полипропиленовых труб производилась при отрицательных температурах окружающего воздуха по технологической схеме приведенной на рис. 1.

Свариваемые торцы трубы и муфты предварительно подогревались на длину вылета, превышающей глубину раструба до температуры выше 20 °С специальными сменными насадками для подогрева, установленными на нагревательной пластине дополнительного сварочного аппарата. Затем для равномерного распределения

температуры по всей зоне сварки проводилось остывание до 20°С. После операции остывания производилась стандартная сварка. Охлаждение сварного соединения после сварки производилось в теплоизоляционной камере.

Продолжительности подогрева и свободного охлаждения для выравнивания температур свариваемых концов деталей в зависимости от температуры окружающего воздуха и температуры сменных насадок для подогрева для различных типоразмеров трубы рассчитывались с помощью программы PWH-Trumpet, изложенные в работе [3]. В программу вводились размеры трубы, значения теплофизических свойств, температура окружающей среды. В табл. 1. например, приведены результаты расчета продолжительностей подогрева и охлаждения для выравнивания температур полипропиленовых труб PN 10 и муфты, полученные с помощью данной программы для диаметров труб 50–110 мм и различных значений отрицательных температур окружающего атмосферного воздуха.

Использование камеры при охлаждении сварного шва позволяет регулировать динамику и распределение температуры изменением высоты камеры (толщины слоя воздуха) [3]. Сварка производилась по следующим режимам:

Режим 1 – при положительных температурах окружающей среды, стандартная сварка;

Режим 2 – Сварка при отрицательных температурах с предварительным подогревом и

остыванием в теплоизоляционной камере, разработанная технология;

Режим 3 – Сварка при отрицательных температурах с предварительным подогревом, остывание без теплоизоляционной камеры;

Режим 4 – Сварка при отрицательных температурах без предварительного подогрева и охлаждением без теплоизоляционной камеры, увеличение времени оплавления на 50 %, с нарушением технологии.

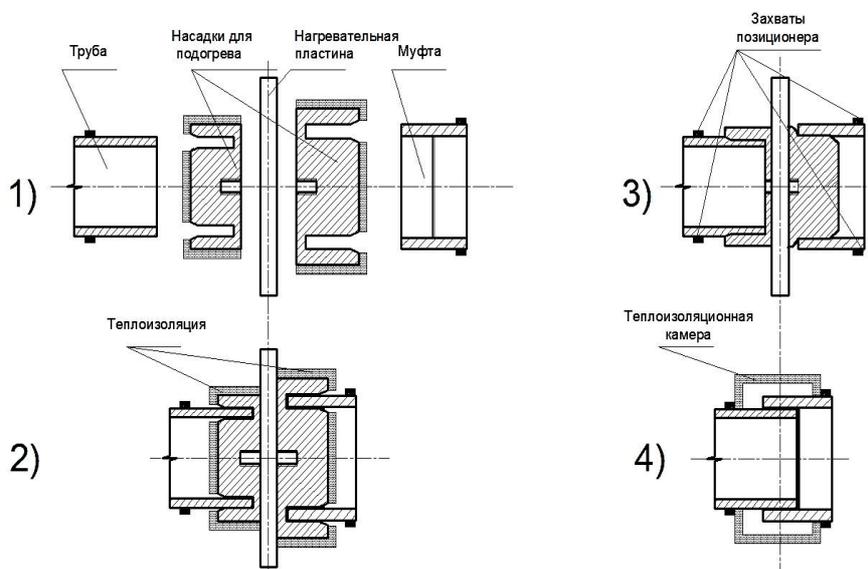


Рис. 1. Технологическая схема сварки полипропиленовых труб при отрицательных температурах: 1–2 – предварительный подогрев; 3 – оплавление; 4 – охлаждение

Таблица 1

Продолжительности подогрева и охлаждения для полипропиленовых труб PN10

		Температура окружающего воздуха, С°									
		-50		-40		-30		-20		-10	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Наружный диаметр трубы Ø, мм	50	60-120	60	90-120	70	90-180	90	90-180	110	90-180	140
	63	90-180	80	120-210	100	150-240	120	150-300	150	180-300	200
	75	120-180	90	150-210	120	150-240	150	180-210	180	180-270	240
	90	150-210	120	180-240	150	180-240	180	180-210	220	180-270	300
	110	210-300	150	180-300	180	180-240	210	180-240	270	210-300	360

1 – продолжительность подогрева, с;

2 – продолжительность охлаждения для выравнивания температур, с

Были проведены стандартные испытания сварных соединений полипропиленовых труб, существующие 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 [4]. Раструбное соединение выдерживают 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.

Гидравлическое испытание напорных трубопроводов проводились согласно СП 40-102-2000 [1]. Трубопровод выдерживается в течении 0,5 часа при испытательном давлении равным рабочему давлению умноженному на коэффициент 1,5. Испытание выдержали все образцы.

Испытания на статический отдр [5] выполняются изгибом свободной части образца, защемленного на половину длины сварного шва (рис. 2).

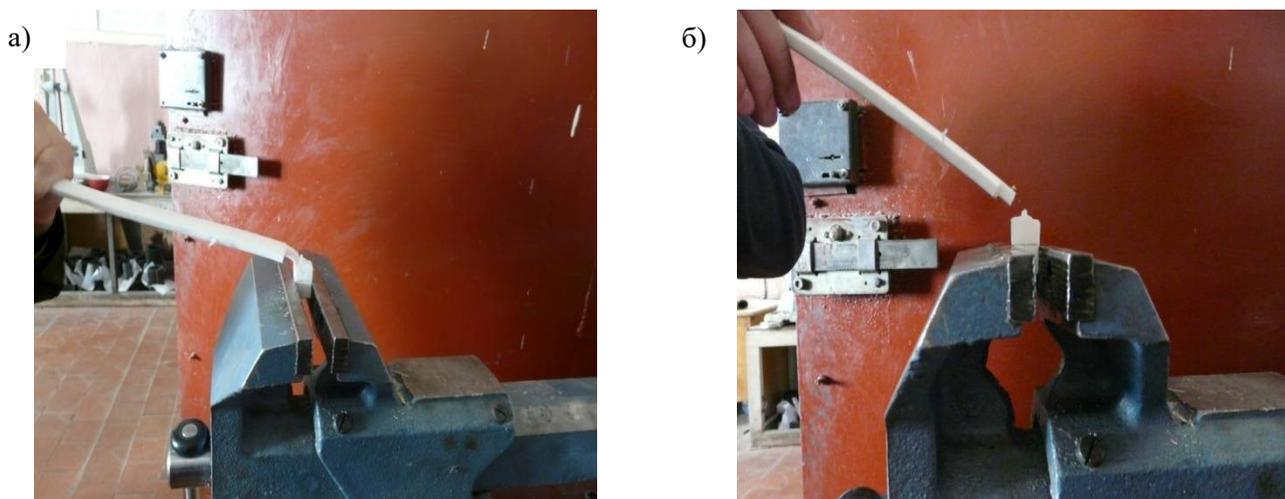


Рис. 2. Общий вид испытаний на отдрив образцов сварных соединений:
 а) изгиб свободной части образца; б) характерное разрушение по основному материалу

При испытаниях на статический отдрив 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 [5] на кольцевых образцах высотой h , равной половине глубины раструба l , вырезаемых из раструбного соединения трубы с соединительной деталью (рис. 3).



Рис. 3. Испытание раструбного сварного соединения на сдвиг сжатием на машине ИП-1А-1000

Разрушающие напряжения образцов сваренных при испытанных режимах сварки соответствуют разрушающему напряжению образ-

цов сваренных при положительных температурах окружающего воздуха.

Таблица 2

Результаты испытаний раструбных сварных соединений полипропиленовых труб на сдвиг сжатием

Режим сварки	Разрушающее напряжение, МПа
Режим 1, $T_{ос} = +13^{\circ}C$	15,33
Режим 2, $T_{ос} = -22^{\circ}C$, охлаждение в теплоизоляционной камере	15,47
Режим 3, $T_{ос} = -22^{\circ}C$, охлаждение без теплоизоляции	15,64
Режим 4, $T_{ос} = -19^{\circ}C$	15,58

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 сварки была предложена новая методика испытаний, основанная на растяжении образцов.

Испытания на сдвиг требуют для каждого типоразмера трубы изготовление индивидуального пуансона и матрицы. Для больших диаметров трубы такое оборудование становится слишком дорогостоящим, да и соответствующее испытательное оборудование вряд ли найдется. В связи с этим была разработана методика определения прочности сварного соединения в раструб растяжением на серийных испытательных машинах. На стандартном образце для испытаний на растяжение, где исследуемое раструбное сварное соединение расположено посередине образца для определения прочности раструбного сварного соединения полимерной трубы в средней части муфты 1, на ней вырезается прорезь 2 параллельно краю муфты глубиной более оплавленной глубины стенки муфты, но не более толщины стенки муфты и (рис. 4, а). Расстояние прорези 2 от края муфты рассчитывается таким образом, чтобы площадь А испытываемой части раструбного сварного соединения была

меньше или равна (не более), чем площадь минимального поперечного сечения образца вне области раструбного соединения. Для определения прочности раструбного сварного соединения полимерной трубы в крайней части (рис. 4, б) на испытуемом образце на внутренней стенке трубы 3 вырезается прорезь 4 глубиной более оплавленной глубины стенки трубы, но не более толщины стенки трубы параллельно краю трубы. Расстояние прорези 4 от края трубы рассчитывается таким образом, чтобы площадь А испытываемой части раструбного сварного соединения была не более площади минимального поперечного сечения образца. Образец для определения прочности в средней части раструбного сварного соединения полимерной трубы (рис. 4, в) имеет прорези 2 и 4 соответственно на муфте и трубе с такими же глубинами что и в образцах для определения прочности раструбной сварки с внутренней и внешней стороны трубы соответственно, а испытываемая площадь А сварного соединения, находящаяся между прорезями, не более, чем площадь минимального поперечного сечения образца. При стандартных кратковременных испытаниях на растяжение разрушение образца произойдет по сварному шву по площади А, так как прочность сварного соединения, как правило, меньше прочности основного материала.

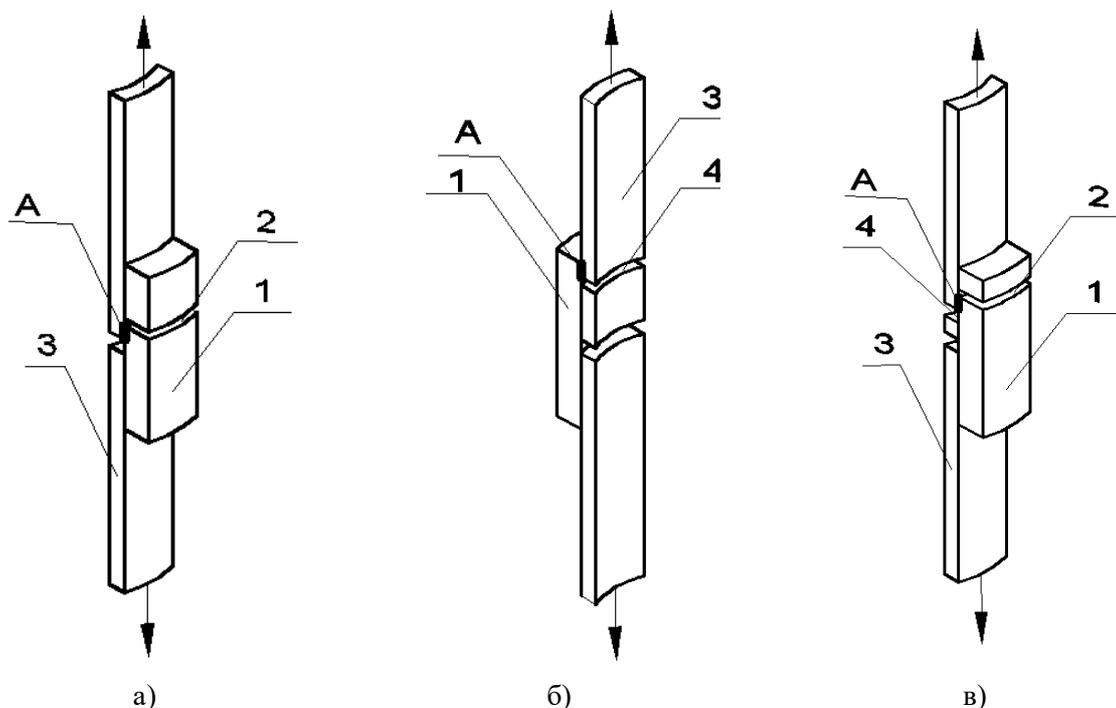


Рис. 4. Схема расположения испытуемых областей сварки в раструбном сварном соединении полипропиленовых труб

Результаты испытаний на растяжение сварных раструбных соединений по

предложенной методике в испытуемой области, согласно рис. 4, а, приведены на рис. 5.

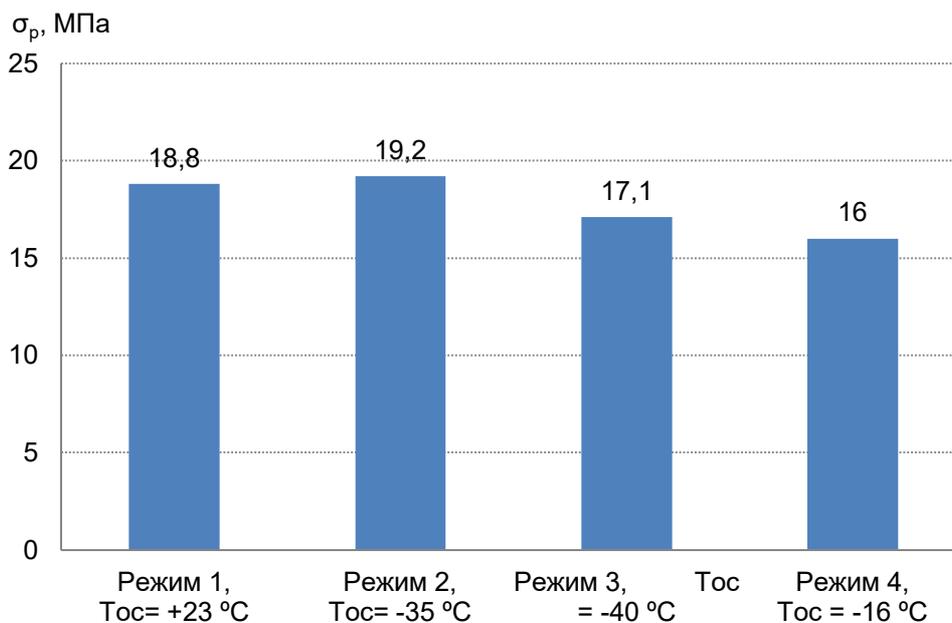


Рис. 5. Разрушающее напряжение сварных раструбных соединений полипропиленовых труб

По результатам механических испытаний на растяжение видно, что разрушающее напряжение сварных раструбных соединений, произведенных при температуре минус 35 °C с предварительным подогревом и охлаждением под слоем теплоизоляции не уступает прочности сварных соединений, полученных стандартной сваркой при комнатной температуре.

Выводы

Разработана технология сварки в раструб полипропиленовых труб при отрицательных температурах окружающего воздуха с использованием предварительного подогрева свариваемых деталей и теплоизоляционной камеры во время охлаждения сварного соединения.

Установлено, что существующие в нормативных документах методы испытаний не позволяют выявить нарушения технологии сварки в раструб полипропиленовых труб.

Предложена методика испытаний, позволяющая определить количественно прочность раструбных сварных соединений полимерных труб по месту сплавления при растяжении.

Показано, что прочность сварных соединений, произведенных сваркой при отрицательных температурах с использованием предварительного подогрева и охлаждением без теплоизоляции соответствует прочности

сварных соединений, полученных стандартной сваркой при допустимых температурах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 40-101-96. Проектирование и монтаж трубопроводов из полипропилена «Рандом сополимер»; введ. 09.04.96.- Официальное издание, Минстрой России М.: ГУП ЦПП, 1997. - 14с.
2. 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.
3. 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.
4. 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; введен 01.08.2014.- М.: Стандартинформ. – (Межгосударственный стандарт).
5. ВСН 440-83 Инструкция по монтажу технологических трубопроводов из пластмассовых труб; введ. 01.01.1984. – М.: ЦБНТИ Минмонтажспецстроя СССР 1984.- с.37-40.

Botvin G.V., Danzanova E.V., Gerasimov A.I.**RESEARCH OF WELDING INTO SOCKET OF POLYPROPYLENE PIPES AT LOW AMBIENT TEMPERATURES**

Now, according to regulatory documents, welding into socket of polypropylene pipes is permitted only with positive temperatures. At the Institute of Oil and Gas Problems SB RAS the works on the development of welding technology of the polypropylene pipes allowing to make welding at temperatures down to -50°C are conducted. The results of research on welding into socket of polypropylene pipes at low ambient temperatures. It is shown that the existing methods of quality control of welded spigot-and-socket joints give not enough information and don't reveal violation of welding technology. The method of a quantitative assessment of strength in a place of flashing-off of welded spigot-and-socket joints of polypropylene pipes is offered. By use of this method it is shown that the strength of welded joints of polypropylene pipes manufactured by welding at low temperatures using a preheating and cooling without insulation corresponds to the strength of welded joints produced by welding at the admissible standard outside temperature.

Key words. *Polypropylene, welding into the socket, welded spigot-and-socket joints, fracture stress, strength.*

Ботвин Глеб Владимирович, ведущий инженер лаборатории климатических испытаний.

Институт проблем нефти и газа СО РАН

Адрес: Россия, 677007, Якутск, ул. Автодорожная, д. 20

E-mail: gleb-0379@mail.ru

Данзанова Елена Викторовна, кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории климатических испытаний.

Институт проблем нефти и газа СО РАН.

Адрес: Россия, 677007, Якутск, ул. Автодорожная, д. 20

E-mail: dhv4071@mail.ru

Герасимов Александр Иннокентьевич, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории климатических испытаний.

Институт проблем нефти и газа СО РАН

Адрес: Россия, 677007, Якутск, ул. Автодорожная, д. 20

E-mail: gerasimov2509@rambler.ru