

Обмен опытом

МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ НА ПРОЧНОСТЬ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫХ ТРУБ

Статья поступила 24 февраля 2016 г.

Полипропиленовые трубы широко применяют в системах холодного и горячего водоснабжения благодаря повышенной теплостойкости, длительной прочности, стойкости к действию химических сред. Соединение труб из полипропилена производят в основном с помощью сварки нагретым инструментом в раструб только при положительных температурах [1]. В процессе сварки в раструб температура окружающего воздуха (ОВ) воздействует в основном на участки вблизи торцов муфты и трубы. Цель работы — исследование прочности шва по длине сварного раструбного соединения полипропиленовых труб марки PPRC PN10 63 × 5,8. Определяли прочность условно разделенных по длине шва трех участков сварного соединения при растяжении по методике, разработанной авторами статьи, а также при сдвиге сжатием стандартным методом. Сварку проводили при комнатной температуре по стандартной технологии [1, 2] и отрицательной температуре окружающего воздуха (ниже 0 °C) по технологии, разработанной в ИПНГ СО РАН [3].

Сварку в раструб полипропиленовых труб диам. 63 мм осуществляли при следующих режимах (ТОВ — температура окружающего воздуха):

режим 1: ТОВ = +23 °C — стандартная сварка;

режим 2: ТОВ = −36 °C — предварительный подогрев, остывание в теплоизоляционной камере;

режим 3: ТОВ = −36 °C — предварительный подогрев, остывание свободное (без теплоизоляционной камеры);

режим 4: ТОВ = −28 °C — время нагрева увеличено на 50 %, согласно [1] $t_n = 36$ с [2].

При ТОВ = −36 °C (режимы 2 и 3) сварку нагретым инструментом в раструб полипропиленовых труб проводили по разработанной в ИПНГ СО РАН технологии, т.е. с предварительным подогревом трубы на длину вылета, превышающую глубину раструба, и муфты (на глубину раструба) до температуры выше 20 °C. Подогрев осуществляли специальными сменными насадками, устанавливаемыми на нагревательной пластине дополнительного сварочного аппарата [3]. После остывания поверхностей оплавления трубы и муфты до 20 °C осуществляли стандартную сварку. Сварное соединение после сварки остывало в теплоизоляционной камере (режим 2) и без камеры (режим 3).

В действующих нормативных документах для контроля качества сварного раструбного соединения полимерных труб содержится перечень рекомендуемых испытаний, таких как испытание на стойкость при постоянном внутреннем давлении [4], гидравлические испытания [1], статический отдр [5]. Однако эти методы испытаний не позволяют определить прочность сварного соединения [5]. Для этого наиболее информативным является испытание на сдвиг сжатием [6]. В ИПНГ СО РАН предложена методика испытаний, основанная на растяжении стандартных образцов, вырезанных из сваренной в раструб трубы.

По истечении 24 ч после сварочных работ из сварных раструбных соединений изготавливали образцы в виде лопаток для испытаний на растяжение по разработанной методике и колец для испытаний на сдвиг сжатием с каждой из трех исследуемых зон — наружной, центральной и внутренней (рис. 1). При каждом режиме было изготовлено по пять сварных швов, для испытаний отбирали по пять образцов с каждой зоны.

Образцы-лопатки сварных соединений для испытаний на растяжение по предложенной методике изготавливали согласно эскизу, приведенному на рис. 2. Параллельно краям муфты 1 или трубы 2 выполняли прорезь 3 глубиной до поверхности шва таким образом, чтобы растяжению подвергалась именно определенная исследуемая зона сварного соединения, при этом площадь сварки должна быть не больше, чем минимальное сечение образца. Так, для определения прочности раструбной сварки в наружной зоне (НЗ), т.е. у торца муфты, на трубе параллельно краю муфты

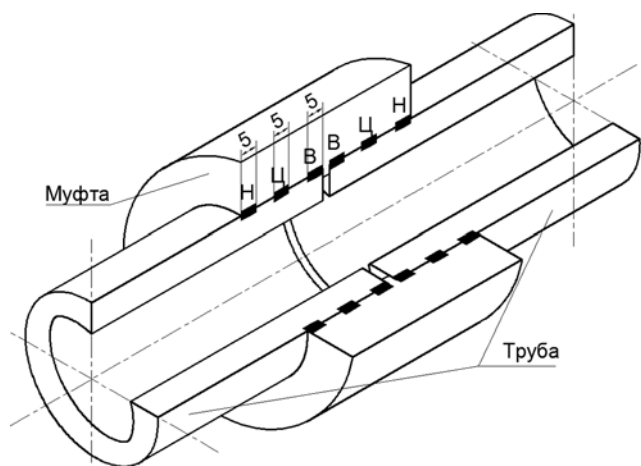


Рис. 1. Схема разделения сварного раструбного соединения на три зоны: Н — наружная; Ц — центральная; В — внутренняя

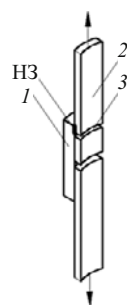


Рис. 2. Эскиз образца сварного раструбного соединения на растяжение

вырезали прорезь в области оплавленного слоя, а расстояние прорези от края муфты составляло 5 мм (согласно схеме разделения по зонам на рис. 1). Для оценки прочности сварки во внутренней и центральной зонах сварного соединения прорезь проделывали уже в других местах. При испытаниях образцов с прорезями на растяжение разрушение происходило именно по исследуемым зонам раструбного сварного соединения.

Испытания образцов-лопаток на растяжение проводили на универсальной испытательной машине UTS 20K (Германия) при скорости раздвижения захватов 50 мм/мин.

Результаты испытаний сварных раструбных соединений по зонам показали, что независимо от режима сварки в раструб прочность наружной зоны выше внутренней (рис. 3). Центральная зона сварных соединений, изготовленных при минус 36 °С с предварительным подогревом и охлаждением в теплоизоляционной камере (режим 2), прочнее центральных зон сварных соединений, изготовленных при других режимах.

Образцы-кольца высотой $h = 5$ мм вырезали из сварных раструбных соединений перпендикулярно плоскости относительно оси трубы из трех исследуемых зон (см. рис. 1). Испытания проводили на машине для испытания на сжатие ИП-1А-1000 при скорости нагружения 1 кН/с согласно методике [5]. Разрушающее напряжение при сдвиге $\sigma_{p\text{ сдв}}$ определяли по формуле

$$\sigma_{p\text{ сдв}} = \frac{P_p}{\pi D_c h}, \quad (1)$$

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

Результаты испытаний приведены на рис. 4. Наружная зона независимо от режима сварки наиболее прочная по сравнению с другими, как и по результатам испытаний на растяжение. Видимо, это объясняется тем, что наружная зона сильнее подвержена влиянию температуры окружающего воздуха, чем внутренняя. В связи с этим скорость охлаждения сварного соединения у наружной зоны выше, чем у внутренней. При высокой скорости охлаждения в материале формируется мелкокристаллическая структура, которая

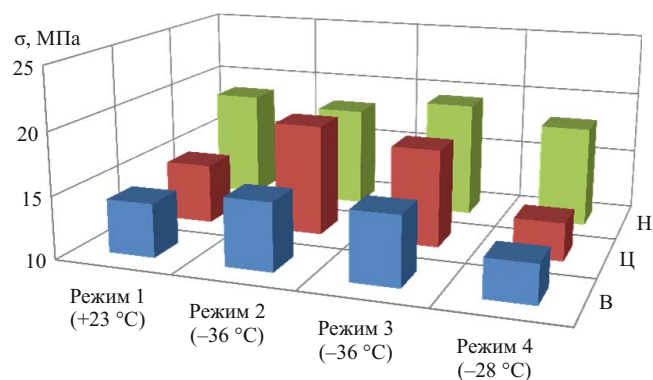


Рис. 3. Средние значения разрушающего напряжения при растяжении образцов-лопаток сварных раструбных соединений по центральной (Ц), внутренней (В) и наружной (Н) зонам

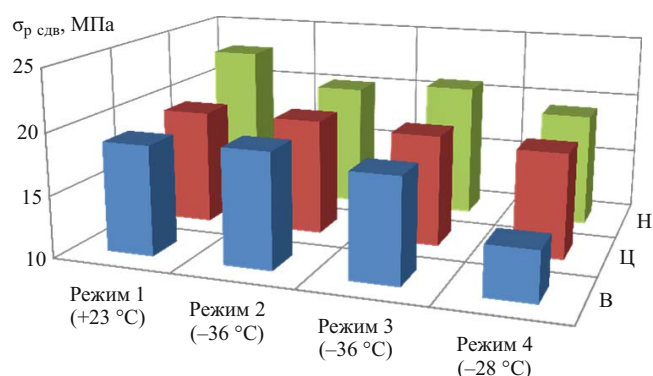


Рис. 4. Средние значения разрушающего напряжения при испытании на сдвиг сжатием образцов-колец сварных раструбных соединений по центральной (Ц), внутренней (В) и наружной (Н) зонам

способствует повышению его прочности. При режиме 2 сварки показатели прочности трех исследуемых зон находятся почти на одном уровне, т.е. можно сказать, что исследуемые зоны равнопрочны по всей площади сварки.

Повышенные значения разрушающего напряжения сварного раструбного соединения в случае испытания на сдвиг сжатием объясняются, видимо, взаимным сжатием (за счет поперечной деформации) испытуемых колец, состоящих из трубы и муфты, при испытаниях на растяжение образцов-лопаток составляющая от сжатия отсутствует.

Полученные результаты испытаний свидетельствуют о том, что свойства сварных соединений, полученных предложенной технологией сварки в раструб полипропиленовых труб при низких температурах ОВ, не ниже, чем сварных соединений, полученных при сварке при допустимых температурах.

Таким образом, установлено, что низкая прочность в сварном шве раструбного соединения наблюдается во внутренней зоне (зона у торца трубы), а наиболее прочной является наружная зона (зона у начала муфты). Использование предварительного подогрева

при отрицательных температурах приводит к повышению прочности сварного шва.

Разработанную методику испытаний можно использовать для оценки качества сварных раструбных соединений полимерных труб.

ЛИТЕРАТУРА

1. ВСН 47–96. Ведомственные строительные нормы по проектированию и монтажу внутренних систем водоснабжения из полипропиленовых труб «Рандом сополимер» (PPRC). — М.: Ротапринт Мосоргстроя, 1996. — 37 с.
2. СП 40-101–96. Проектирование и монтаж трубопроводов из полипропилена «Рандом сополимер». Официальное издание; введ. 09.04.96. — М.: Минстрой России ГУП ЦПП, 1997. — 46 с.
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. введ. 01.08.2014. — М.: Стандартиформ, 2014. — 15 с.
5. Ботвин Г. В., Данзанова Е. В., Герасимов А. И. Исследование сварки в раструб полипропиленовых труб при отрицательных температурах / Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2016. № 4. С. 105–110.
6. ВСН 440–83. Инструкция по монтажу технологических трубопроводов из пластмассовых труб; введ. 01.01.1984. — М.: ЦБНТИ Минмонтажспецстроя СССР, 1984. — 60 с.

© Г. В. Ботвин, Е. В. Данзанова, А. И. Герасимов
Институт проблем нефти и газа СО РАН,
Якутск, Россия;
e-mail: Dhv4071@mail.ru

Exchange of Experience

METHOD FOR TESTING THE STRENGTH OF A WELDED JOINT OF POLYPROPYLENE PIPES

© G. V. Botvin, E. V. Danzanova, and A. I. Gerasimov

Submitted February 24, 2016.

Lacks of penetration, pores, etc. often formed upon socket welding of polypropylene pipes adversely affect the weld strength. At the same time, welding is allowable at a positive ambient temperature. We present the results of studying weld strength for conditionally divided zones along the length of socket welded joints obtained at different ambient temperatures and various welding modes. At a negative temperature of ambient air welding of polypropylene pipes PPRC PN10 63 × 5.8 is carried out according to the technology developed at the Institute of Oil and Gas Problems SB RAS. Indicators of the strength of socket welding are obtained in tensile tests of blade specimens and ring specimen testing for shear by compression.

Keywords: socket welding; negative temperature; polypropylene pipe; weld zone; tensile test; compression shear test; fracture strength.

REFERENCES

1. Industry-specific building code for the design and installation of domestic water supply systems made of polypropylene random copolymer (PPRC) pipes. — Moscow: Rotaprint Mosorgstroya, 1996. — 37 p. [in Russian].
2. SP 40-101–96. Design and laying of “random copolymer” polypropylene pipelines. — Moscow: Minstroy Rossii GUP TsPP, 1997. — 46 p. [in Russian].
3. Starostin N. P., Ammosova O. A., Botvin G. V. Thermal process of the welding of polypropylene pipes into the socket at low temperatures / Svarka Diagn. 2015. N 6. P. 57–61 [in Russian].
4. RF State Standard GOST ISO 1167-1–2013. Thermoplastics pipes, fittings and assemblies for the conveyance of fluids. Determination of the resistance to internal pressure. Part 1. The common method. — Moscow: Standartinform, 2014. — 15 p. [in Russian].
5. Botvin G. V., Danzanova E. V., Gerasimov A. I. Research of welding into socket of polypropylene pipes at low ambient temperatures / Vestnik BG TU im. V. G. Shukhova. 2016. N 4. P. 105–110 [in Russian].
6. VSN 440–83. The instruction for installation of technological pipelines from plastic pipes. — Moscow: TsBNTI Minmontazhspeystroya SSSR, 1984. — 60 p. [in Russian].