

РАЗРАБОТКА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СВАРКИ ТРУБ ИЗ ФТОРОПЛАСТА-4Д

Представлено описание оборудования, разработанного для подготовки и сварки внахлест трубных заготовок из фторопласта-4Д. Приведены результаты технологических исследований процесса с применением ограничивающих тепловое расширение внутренних и наружных оправок, Приведены рекомендации по выбору режимов сварки.

Ключевые слова: фторопласт-4Д, трубная заготовка, кольцевой зазор, тепловое расширение, диффузия, прочность.

Введение. Трубы из фторопласта-4Д нашли применение в химической промышленности в качестве защиты трубопроводов аппаратуры, работающей с агрессивными средами при повышенной температуре. Такие трубы имеют относительно малую толщину стенки (1,5–2,5 мм) и ограниченную по условиям изготовления длину (2,5–3,0 м) [1–3]. На предприятиях, изготавливающих химическую аппаратуру, такие трубы помещают внутрь стальных труб, нагревают, развальцовывают на фланцах и закрепляют внутри трубы термическим способом.

Настоящая работа посвящена разработке комплекса оборудования для выполнения операций подготовки труб к сварке и выполнению процесса сварки труб в диапазоне диаметров, применяемых в промышленности.

Постановка задач. Принципиальная возможность получения сварных соединений изделий из фторопласта-4 достаточно полно описана в отечественной литературе [4, 5]. Однако попытки применения данной технологии наталкиваются на проблемы с отсутствием промышленно выпускаемого оборудования. Дело в том, что все оборудование для сварки пластмассовых трубопроводов рассчитано на сварку термопластов, способных к образованию при нагревании вязкотекучего состояния, по достижении которого расплав выдавливается из зоны сварки и соединение образуется в процессе течения расплава [6]. Оборудование для сварки труб внахлест, без достижения расплава и с созданием сварочного усилия в радиальном направлении промышленностью не выпускается.

В связи с этим основными задачами настоящей работы явились: разработка комплекса оборудования для подготовки заготовок и выполнения сварки фторопластовых труб внахлест в диапазоне диаметров, применяемых в промышленном производстве, а также технологических рекомендаций для осуществления процесса сварки на разработанном комплексе оборудования.

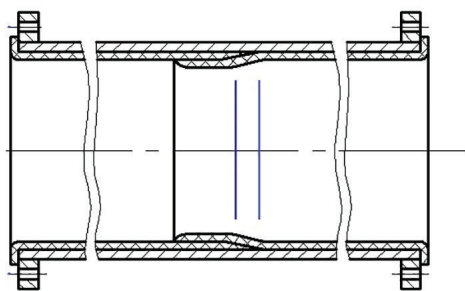
Теория. При изготовлении участков технологических трубопроводов с длиной, превышающей

длину фторопластовой трубной заготовки, возникает необходимость удлинения упомянутых заготовок. Из-за малой толщины стенки такие трубы сваривают внахлест с формированием раструба во внутрь соединения (рис. 1) [7, 8].

Формирование такого раструба может быть выполнено за счет естественной усадки трубы при её разогреве на оправке соответствующего диаметра до температур, превышающих температуру перехода фторопласта-4 в высокоэластическое состояние (более 327 °С).

При сварке трубных заготовок, собранных внахлест, из-за отсутствия у фторопласта-4 состояния расплава возникает проблема создания и точного дозирования сварочного усилия, действующего в радиальном направлении. Наиболее технологичным способом создания такого давления является использование теплового расширения материала при нагреве его до температур сварки. Объемное расширение фторопласта-4 достигает 50 %, что превышает температурное расширение металла в 2–3 раза [9]. Поэтому, если зону сварки ограничить полностью, зажав нахлесточное соединение фторопластовых заготовок между металлическими оправками, напряжение в материале может превысить предел текучести. В результате пластическое течение материала заготовок в осевом направлении приводит к нарушению формы трубы в зоне, примыкающей к нахлестке, а также к нарушению сплошности заготовки в виде растрескивания под действием усадочных напряжений в процессе охлаждения.

Кроме того, при температуре сварки (380–390 °С) фторопласт-4 находится в так называемом перегретом состоянии, которое характеризуется тем, что его макромолекулы непрерывно распадаются на активные радикалы, и вновь образуются связи под действием теплового движения. Любые колебания напряжений и тем более деформации при таком состоянии материала приводят к смещениям в плоскости соединения и нарушению течения диффузионных процессов. В связи с этим при



а)



б)

Рис. 1. Схема (а) и общий вид (б) трубы с внутренней оболочкой из фторопласта-4Д

разработке сварочных узлов оборудования необходимо обеспечить надежное фиксирование соединяемых поверхностей относительно друг друга, а также тщательный учет температурного расширения материала [10].

Разработка оборудования. Для осуществления процесса формирования внутреннего раструба разработана установка, схема которой представлена на рис. 2.

Установка представляет собой сварной каркас 1 с установленным внутри его силовым трансформатором 2 и терморегулятором 3 для питания и регулирования температуры нагревателя 4, снабженно-го сменными калибрующими оправками 5. Кроме того, установка снабжена опорой 6 для расположения заготовки, а также гибкими хомутами для её фиксирования (на рис. 2 не показаны).

Заготовка трубы помещается на опору 6 и оправку 5, фиксируется хомутами и разогревается вместе с оправкой до температуры 350 °С. После чего выполняют охлаждение разогретого участка трубы вместе с оправкой.

Далее по технологическому процессу выполняют тщательную зачистку поверхности трубной заготовки, подлежащей соединению ручными шаберами, и обезжиривают. После чего выполняется сборка соединения на внутренней оправке.

Для осуществления процесса сварки по предложенной схеме разработаны и изготовлены устройство для сварки труб малого диаметра и опытная установка для сварки трубных заготовок внахлест. Сварочное устройство, предназначенное для выполнения соединений внахлест труб малого диаметра (50–76 мм), представлено на рис. 3.

Устройство включает платформу 1 с закрепленными на ней двумя кронштейнами 2, на которых закреплена штанга 3 с зажимами 5, 7, кольцевыми, разъемным нагревателем 6 и пружинами 4 для компенсации теплового расширения трубных заготовок в осевом направлении.

При работе устройства собранные на внутренней оправке с нагревателем заготовки и внешней оправкой помещают в зажимы устройства. Замыкается разъемный нагреватель и выполняется процесс сварки. Разогретая зона сварки за счет теплового расширения фиксируется во внутренней и внешней оправках, при этом осевое расширение материала компенсируется пружинами устройства.

После изотермической выдержки зона соединения охлаждается до полного остывания.

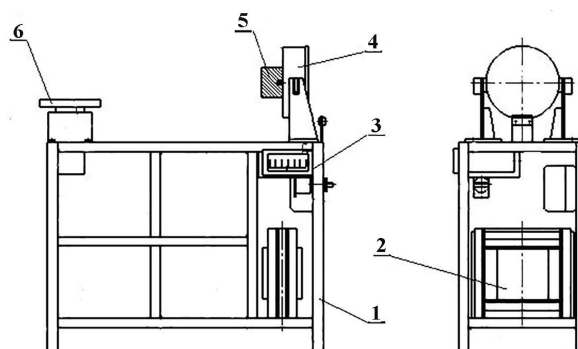


Рис. 2. Установка формирования раструба на трубах из фторопласта 4Д:
1 — каркас; 2 — трансформатор; 3 — терморегулятор;
4 — нагреватель; 5 — оправка калибрующая;
6 — опора трубы

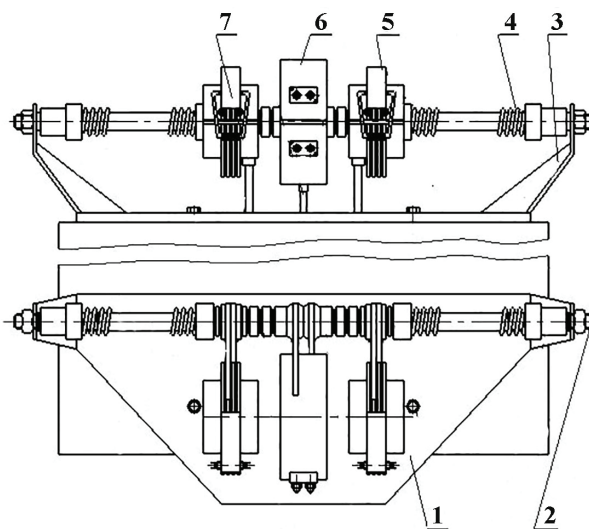


Рис. 3. Устройство для труб малого диаметра:
1 — платформа; 2 — штанга; 3 — кронштейны,
4 — компенсационные пружины;
5, 7 — кольцевые теплоотводящие зажимы;
6 — кольцевой разъемный нагреватель

Общий вид установки для сварки труб диаметром от 90 до 219 мм представлен на рис. 4.

Установка включает: размещенный в сварном каркасе трансформатор 1, предназначенный для пи-

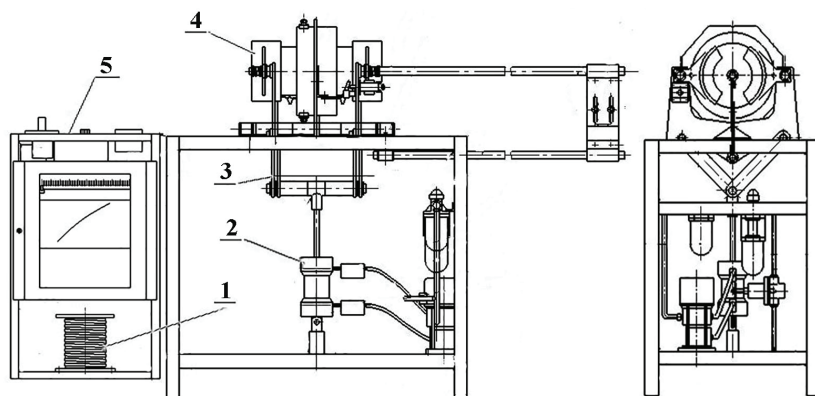


Рис. 4. Общий вид опытной установки сварки трубных заготовок внахлест:
1 — трансформатор; 2 — рычажное устройство; 3 — пневмопривод;
4 — устройство фиксации, 5 — блок управления

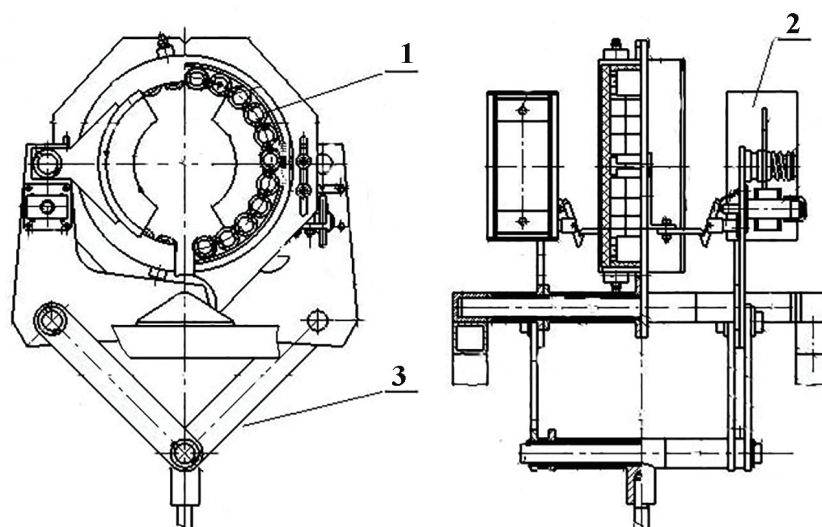


Рис. 5. Сварочный узел установки:
1 — кольцевые нагреватели, 2 — подвижные зажимы, 3 — рычажная система

тания кольцевых разъемных нагревателей; рычажное устройство 2 с пневмоприводом 3, служащие для раскрытия и замыкания зоны сварки; устройство фиксации трубных заготовок 4 с пружинными компенсаторами осевого расширения; подвесной блок управления 5 с коммутирующей аппаратурой и приборами, для установки и автоматического поддержания температуры в зоне сварки, а также для контроля температуры в свариваемых образцах.

В верхней части установки расположено сварочное устройство (рис. 5), состоящее из разъемных внешних кольцевых нагревателей 1 радиационного типа, фиксирующих трубные заготовки подвижных зажимов 2, рычажной системы 3, служащей для сведения кольцевых нагревателей и фиксации трубных заготовок.

Собранный узел свариваемых заготовок с внутренней оправкой и нагревателем, а также наружной оправкой, помещают в сварочное устройство и с помощью пневмопривода фиксируют в сварочном узле установки. В фиксированном состоянии свариваемые трубы разогреваются до температуры сварки и выдерживаются в течение заданного времени, после чего осуществляется их остывание в зафиксированном состоянии. Температура в процессе сварки поддерживается и контролируется

с помощью многопозиционного потенциометра типа КСП-4.

Время пребывания сдавленных поверхностей при температуре сварки устанавливается и контролируется с помощью таймера.

Проведение технологических исследований. На разработанном оборудовании были выполнены технологические исследования по определению оптимальных значений основных параметров режима сварки, в частности, температуры нагрева зоны сварки, времени изотермической выдержки при температуре сварки, уровня сварочных усилий в радиальном направлении.

Температура нагревателей определяется свойствами свариваемого материала и составляет 380–390 °С.

Продолжительность выдержки исчисляется с момента достижения зоной сварки температуры сварки (380 °С) и до начала снижения температуры с выключением нагревателей.

Необходимое сварочное давление обеспечивается подбором кольцевых зазоров между наружной и внутренней поверхностями собранной нахлестки и кольцевыми оправками (рис. 6).

Температурное расширение трубы в осевом направлении компенсируется пружинами сварочного устройства.

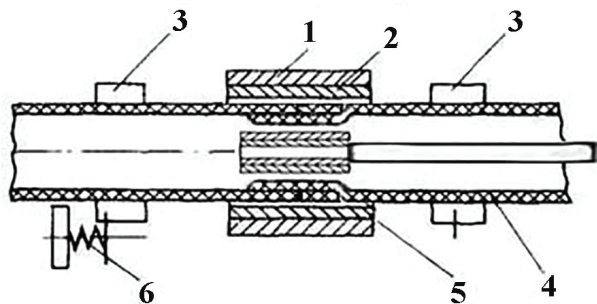


Рис. 6. Схема сварки внахлест труб из ПТФЭ с применением оправок:

- 1 — кольцевой нагреватель; 2 — оправка внешняя;
3 — зажим; 4 — свариваемые заготовки;
5 — оправка внутренняя; 6 — компенсационная пружина

Из-за большой вязкости расплава полимера процесс сварки протекает по диффузионному механизму и продолжительности выдержек составляют десятки секунд [11]. В процессе нагрева давление в объеме полностью ограниченного образца фторопласта-4 нарастает по сложной зависимости, в которой максимум прироста объема приходится на температуру перехода полимера в высокоэластическое состояние (327 °С) и продолжает монотонно нарастать вплоть до температуры деструкции при температурах выше 400 °С. Для достижения оптимального давления в зоне сварки полное ограничение расширения должно происходить при температуре 340–350 °С. Выполненные на разработанном оборудовании сварные соединения трубных заготовок подвергали испытаниям на статическое растяжение по схеме на сдвиг. В результате проведенных исследований было установлено, что оптимальные значения сварочного давления в пределах 0,25–0,35 МПа, обеспечивающие получение максимальной прочности сварного соединения, могут быть получены при расширении свариваемого материала в зазорах от 1,25 до 2,5 мм для толщин стенки в 1,5–2,0 мм.

Выводы и заключение. Разработан комплекс оборудования для выполнения предсварочной подготовки соединяемых деталей, сварочное устройство и сварочная установки для сварки внахлест трубных тонкостенных оболочек из фторопласта-4Д для защиты технологических трубопроводов от агрессивных сред.

С помощью разработанного оборудования проведены технологические исследования процесса сварки, позволившие определить оптимальные зазоры между поверхностями собранного узла и внешними и внутренними оправками, обеспечивающими оптимальные значения сварочного давления.

Определены также значения продолжительности изотермических выдержек, при которых достигается необходимая прочность и герметичность сварного соединения.

Результаты исследований могут быть применены при изготовлении деталей технологических трубопроводов, контактирующих с высоко агрессивными средами.

Библиографический список

1. Выражейкин Е. С., Логинов Б. А. Фторполимеры как материалы для химической защиты оборудования и трубопро-

водов // Российский химический журнал. 2008. Т. LII, № 3. С. 26–26.

2. Бейдер Э. А., Донской А. А., Желедина Г. Ф. [и др.] Опыт применения фторполимерных материалов в авиационной технике // Российский химический журнал. 2008. Т. LII, № 3. С. 30–44.

3. Баскин З. Л., Шабалин Д. А., Выражейкин Е. С. Ассортимент, свойства и применение фторполимеров Кирово-Чепецкого химического комбината // Российский химический журнал. 2008. Т. LII, № 3. С. 13–22.

4. Зайцев К. И., Мацюк Л. И., Богдасhevский А. В. [и др.]. Сварка полимерных материалов. Справочник / под общ. ред. К. И. Зайцева, Л. Н. Мацюк. М.: Машиностроение, 1988. 312 с. ISBN 5-217-00312-X.

5. Волков С. С. Сварка и склеивание полимерных материалов. М.: Химия, 2001. 376 с.

6. Шестопа А. Н., Ромейко В. С., Шестопа А. Н. [и др.]. Проектирование, строительство, эксплуатация трубопроводов из полимерных материалов / под общ. ред. А. Н. Шестопа, В. С. Ромейко. М.: Стройиздат, 1985. 304 с.

7. Соколов В. А., Семенов В. А. Технология сварки тонкостенных труб из фторопласта 4Д // Современные проблемы машиностроения: материалы VII Междунар. науч.-техн. конф. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2013. С. 216–219.

8. Семенов В. А., Соколов В. А. Технологические особенности изготовления стальных отводов, футерованных тонкостенной оболочкой из фторопласта-4Д // Омский регион — место рождения возможностей: матер. Третьей регион. молодежн. науч.-техн. конф. Омск: Изд-во ОмГУПС, 2012. С. 171–172.

9. Мозговой И. В., Соколов В. А. Сварка фторопласта-4: моногр. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2017. 208 с.

10. Семенов В. А., Соколов В. А. Сварка фторопластовых труб при футеровке технологических трубопроводов // Россия молодая: передовые технологии — в промышленности. 2013.1 № 1. С. 133–135.

11. Eremin E. N., Negrov D. A. Development of a technology for the fabrication of artiles made of complex-modified Polytetrafluoroethylene for dry friction assemblies // Chemical and Petroleum Engineering. 2014. Vol. 49, no. 9–10. P. 701–704. DOI: 10.1007/s10556-014-9822-0.

СОКОЛОВ Валерий Алексеевич, кандидат технических наук, доцент (Россия), доцент кафедры «Машиностроение и материаловедение», секция «Оборудование и технология сварочного производства». SPIN-код: 8952-7943

AuthorID (РИНЦ): 684065

AuthorID (SCOPUS):7402729928

САЛЫКОВ Нурсултан Бейсембаевич, магистрант гр. Мм-171 факультета элитного образования и магистратуры.

СЕДИКОВА Анастасия Владимировна, магистрант гр. Мм-161 факультета элитного образования и магистратуры.

Адрес для переписки: sval4516@yandex.ru

Для цитирования

Соколов В. А., Салыков Н. Б., Седикова А. В. Разработка оборудования для сварки труб из фторопласта-4Д // Омский научный вестник. 2018. № 4 (160). С. 27–30. DOI: 10.25206/1813-8225-2018-160-27-30.

Статья поступила в редакцию 09.04.2018 г.

© В. А. Соколов, Н. Б. Салыков, А. В. Седикова