РАЗДЕЛ XVII. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Васильева М.А., Старостин Н.П.

Управление тепловым процессом приварки полиэтиленового седлового отвода к трубе газопровода при низких температурахФГБУН Институт проблем нефти и газа СО РАН
(Россия, Якутск)

doi: 10.18411/lj-30-11-2017-42

idsp: 000001:lj-30-11-2017-42

Аннотация

В работе рассматривается математическая модель теплового процесса приварки седлового отвода к полиэтиленовой трубе с учетом теплоты фазового перехода при температурах окружающего воздуха ниже нормативных. Используя методы визуализации массивов данных, показана возможность управления тепловым процессом путем предварительного подогрева и теплоизоляции при приварке седлового отвода к трубе при низких температурах и получения динамики температурного поля, при которой формируется качественное сварное соединение.

Ключевые слова: математическая модель, метод конечных элементов, температура, расчет, тепловой процесс, приварка, фазовый переход, кристаллизация.

Сварку полиэтиленовых труб при помощи соединительных деталей с закладными нагревателями следует производить при температуре окружающего воздуха не ниже минус 15 °С [1]. При моделировании теплового процесса приварки седлового отвода к полиэтиленовой трубе необходимо решение уравнения теплопроводности в области сложной формы. Для решения подобных задач со сложной геометрией используют метод конечных элементов [2-3]. В данной работе геометрия построена в программе GMSH [4]. Поставленная тепловая задача решена методом конечных элементов с использованием вычислительного пакета FEniCS [5].

Рассмотрим расчетную модель (рис. 1) седлового отвода 1 (область D1) и участка полиэтиленовой трубы 2 (область D2). Нагрев и оплавление свариваемых поверхностей производится закладным сплошным нагревательным элементом 3 (область D3) при ее подсоединении к источнику тока.

Рис.1. Расчетная модель седлового отвода и участка трубы:
1 – седловой отвод, 2 – труба, 3 – нагревательный элемент

Границы промежуточной фазы (двухфазной области) определяются температурами солидуса T_s и ликвидуса T_L . Температурное поле в сварном соединении определяется из уравнения теплопроводности:

$$\tilde{c}_p \frac{\partial T}{\partial t} = \operatorname{div}(\lambda_i \operatorname{grad} T) + \varepsilon Q(r, z), \quad x \in D, \quad 0 < t \leq t_m, \quad (1)$$

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial n} \Big|_{\Gamma} = \alpha(T - T_0), \quad (2)$$

$$T(x, 0) = T_0, \quad (3)$$

где T – температура, t – время, ρ – плотность материала, C – удельная теплоемкость, λ – коэффициент теплопроводности, T_0 – температура окружающего воздуха,

$$\varepsilon = \begin{cases} 1, & x \in D_3, \\ 0, & x \in D_1 \cup D_2, \end{cases}, \quad D = \bigcup_{i=1}^3 D_i. \text{ Плотность теплового источника } Q(t) \text{ определяется}$$

$$U^2$$

по формуле: $Q(t) = \frac{U^2}{R(1 + \beta(T(x) - 20))V}$, где U – напряжение, подаваемое на нагревательный элемент, R – сопротивление, β – температурный коэффициент сопротивления; V – объем нагревательного элемента.

Фазовый переход учитывается в коэффициенте теплоемкости по формуле:

$$\tilde{c}(T) = \begin{cases} C_1, & T \leq T_s \\ C_1 + \frac{q(T)}{\Delta}, & T_s < T < T_L, \quad \Delta = \frac{(T_L - T_s)}{(t_2 - t_1)}, \\ C_2, & T \geq T_L \end{cases}, \quad (4)$$

где $q(T)$ – зависимость теплового потока от температуры, отнесенная к единице массы вещества, регистрируемая дифференциальным сканирующим калориметром (ДСК), Δ – скорость нагрева, варьируемая в ДСК.

Расчеты проводились для седлового отвода 110/63 и трубы ПЭ 100 SDR 11 (подаваемое в нагревательный элемент напряжение 39,6 В, время нагрева 210 секунд). При низких температурах окружающего воздуха анализ температурных полей теплового процесса при приварке седлового отвода к полиэтиленовой трубе показал необходимость проведения предварительного подогрева при сварке в условиях низких температур. Расчетами также установлена необходимость использования теплоизоляции на стадии охлаждения сварного соединения.

Рис.2. Распределение температуры в сечении седлового отвода и трубы с теплоизоляцией при температуре ОВ минус 40 °С после предварительного подогрева в течении 12 минут

При приварке седлового отвода к полиэтиленовой трубе при температуре воздуха - 40 °С расчетами определены следующие технологические параметры: толщина теплоизоляционного слоя при охлаждении – 2 см; напряжение источника теплоты для подогрева – 17 В; продолжительность подогрева – 12 минут; продолжительность технологической паузы для выравнивания температур – 4 минуты.

Указанные технологические параметры обеспечивают в зоне термического влияния допустимый температурный режим приварки седлового отвода к полиэтиленовой трубе. На рис. 2 представлено распределение температуры в седловом отводе и трубе с теплоизоляцией при температуре окружающего воздуха минус 40 °С в конце выравнивания температур. При таком распределении температуры возможно проведение приварки по регламентированному режиму для допустимых температур воздуха.

Рис.3. Распределения температур в сечении седлового отвода и трубы при температурах ОВ 0 °С и минус 40 °С во время охлаждения

При охлаждении соединения под слоем теплоизоляции с расчетной толщиной динамика температурного поля близка к допустимой. На рис. 3 показано распределение температуры при охлаждении в различные моменты времени при температуре воздуха - 40 °С (подогрев и охлаждение под теплоизоляцией) и при 0 °С (стандартная сварка). Распределения температур в зоне термического влияния при низкой и допустимой температурах близки после одинакового времени охлаждения, что свидетельствует об идентичности процесса кристаллизации, приводящей к равнозначной прочности соединения. На девятой минуте охлаждения в обоих случаях процесс кристаллизации завершается.

Анализ температурных полей показал, что при температурах воздуха ниже нормативных предварительный подогрев с помощью штатного закладного нагревателя

седлового отвода и свариваемого участка полиэтиленовой трубы перед оплавлением по регламентированному режиму и охлаждение под слоем теплоизоляции расчетной толщины позволяют получить динамику температурного поля, свойственную при сварке в условиях допустимых температур.

1. СП 42-103-2003. Проектирование и строительство газопроводов из полиэтиленовых труб и реконструкция изношенных газопроводов. Взамен СП 42-101-96, СП 42-103-97, СП 42-105-99; ввод. В действие с 27.11.2003. – М.: Полимергаз, ФГУП ЦПП. – 2004. – 86 с.: ил.
2. Вабишевич П.Н. Численные методы решения задач со свободной границей. – М.: Изд-во МГУ, 1987. 164 с.
3. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. – М.: Мир, 1979. – 392 с.
4. Программа Gmsh, <http://geuz.org/gmsh/>
5. Вычислительный пакет FEniCs, <http://www.fenicsproject.org/>

Галка Г., Асланян Р., Думлер М., Панфилов А.

Обзор и классификация кондиционеров бытового и промышленного назначения

ДГТУ

(Россия, Ростов-на-Дону)

doi: 10.18411/lj-30-11-2017-43

idsp: 000001:lj-30-11-2017-43

Кондиционирование воздуха – автоматическое поддержание в закрытых помещениях требуемых параметров воздуха (температуры, относительной влажности, чистоты, скорости движения и т.д.) с целью обеспечения, главным образом, оптимальных метеорологических условий, для жизнеобеспечения людей.

Кондиционирование воздуха осуществляется комплексом технических решений, именуемых системой кондиционирования воздуха (СКВ). В состав СКВ входят технические средства приготовления, перемешивания и распределения воздуха, приготовления холода, а также технические средства холода и теплоснабжения, автоматики, дистанционного управления и контроля.

Учитывая ухудшающееся состояние окружающей среды, обеспечение чистого воздуха в помещении является одной из наиболее важных проблем. Кроме того, качество воздуха имеет большое значение в медицине, при производстве электроники и в других высокотехнологичных производствах [1].

Классификация кондиционеров

Центральные кондиционеры – это промышленные агрегаты, которые применяются для обработки воздуха в крупных коммерческих и административных зданиях, плавательных бассейнах, промышленных предприятиях и других. Центральный кондиционер является неавтономным, то есть для работы ему необходим внешний источник холода: вода от чиллера, фреон от внешнего компрессорно-конденсаторного блока или горячая вода от системы центрального отопления, бойлера.

Прецизионные кондиционеры: в основном такой кондиционер применяется в помещениях, требующие поддержания заданных параметров с высокой надежностью и точностью, такие как медицинские учреждения, производственные помещения, лаборатории, посты управления, узлы связи, залы ЭВМ, диспетчерские пункты и другие помещения. Представляет собой моноблок, который содержит вентагрегат, фильтр, холодильную машину с фреоновым воздухоохладителем, водяной воздухонагреватель и электрокалорифер. Применяется кондиционер как в системах с рециркуляцией воздуха, так и в системах со 100% приточным воздухом.