определенную услугу. Исследователи отмечают, что прослушивание подкаста является даже более непринужденным способом получения информации, чем чтение книги или статьи. В любом случае данный вид подачи материала не оставляет никого равнодушным [3].

И, рассмотрим блоги как еще один из способов продвижения услуг на рынок. Исполнители услуг могут вести блоги, в которых будет представлено описание их работы, даны ссылки на ресурсы, имеющие к ней отношение, другая полезная информация для клиента. Ссылки могут вести на специализированный сайт, посвященный проблемам сферы услуг, либо сайт ассоциации предприятий, где потребители будут находить полезные статьи, подсказки. Следовательно, время работников предприятий сферы услуг будет расходоваться более эффективно, они смогут заниматься оказанием услуг, в то время как потенциальные клиенты будут интересоваться их работой на электронных ресурсах и делать свой выбор в пользу более профессиональных и опытных специалистов [3].

Несмотря на все преимущества использования инфокоммуникационных технологий, существуют и ограничения, основным из которых является отсутствие доступа сети Интернет у многих людей, особенно пожилых, которые не интересуются новинками, но при этом пользуются услугами предприятий сферы услуг, расположенных неподалеку. В библиотеках, кафе, на почте можно найти компьютеры с доступом в сеть Интернет, но компьютер в целом нельзя назвать интуитивно понятным устройством, особенно для людей в возрасте. Еще сложнее воспринимаются такими людьми видеоигры, они не находят в них ничего полезного. С другой стороны, влияние видеоигр на психику человека еще недостаточно изучено.

Таким образом, понятие информационно-коммуникационных технологий состоит из двух независимых процессов: информационных технологий и коммуникаций. Два данных процесса являются базовыми в процессе повышения эффективности систем управления организацией. Главная цель информационных технологий – гарантировать эффективное применение информационных ресурсов для поддержки принятия решений, для обеспечения конкурентоспособности отделов компании с учетом мнения постоянных и потенциальных клиентов, при создании стратегических планов развития компании. Именно поэтому применение информационно-коммуникационных технологий является актуальной и важной задачей предприятий сферы услуг.

1. Столяренко, А. В. Применение информационно-коммуникационных технологий в деятельности предприятий туристской сферы [Электронный ресурс] / А. В. Столяренко, А. А. Данильченко // Современные научные исследования и инновации. – 2017. – № 1. – URL: <http://web.snauka.ru/issues/2017/01/77660> (дата обращения: 29.09.2017).
2. Столяренко, А. В. Информационно-коммуникационная среда туристско-рекреационного предприятия Крыма [Электронный ресурс] / А. В. Столяренко, Д. Э. Мухин // Таврический научный обозреватель. – 2017. – № 1 (18). – URL: <https://cyberleninka.ru>

Старостин Н.П., Аммосова О.А.

Решение осесимметричной задачи теплопроводности при разработке технологии электромужфтовой сварки полиэтиленовых труб при низких температурах

ФГБУН Институт проблем нефти и газа СО РАН

(Россия, Якутск)

doi: 10.18411/lj-30-11-2017-61

idsp: 000001:lj-30-11-2017-61

Аннотация

Теоретически исследуется тепловой процесс электромужфтовой сварки полиэтиленовых труб для газопроводов при температурах воздуха ниже нормативных на основе решения осесимметричной задачи теплопроводности. Используемая

математическая модель учитывает теплоту фазового перехода в интервале температур. Вычислительными экспериментами показана возможность управления тепловым процессом сварки в условиях низких температурах окружающего воздуха и обеспечения в зоне термического влияния такого же изменения температурного поля, что и при допустимых температурах воздуха.

Ключевые слова: полиэтиленовые трубы, газопровод, электромуфтовая сварка, математическая модель, фазовый переход, предварительный подогрев.

Полиэтиленовые трубы все чаще применяются при строительстве газопроводов, ввиду меньшей стоимости, срока строительства трубопровода, трудоёмкости строительно-монтажных работ, а также большего срока эксплуатации по сравнению с металлическими аналогами [1, 2]. С увеличением протяженности газопроводов из полиэтиленовых труб крайне важным становится решение проблемы их оперативного ремонта при аварийных ситуациях в зимний период в северных регионах. Сварочные работы при монтаже и ремонте газопроводов из полиэтиленовых труб рекомендуется проводить при температуре окружающего воздуха (ОВ) не ниже минус 15 °С. При более низких температурах воздуха сварочные работы рекомендуется проводить в легких отапливаемых конструкциях с поддержанием температуры из допустимого диапазона. Между тем, такая сварка обусловлена большими энергетическими, непроизводительными затратами и длительной подготовкой, что неприемлемо в аварийных ситуациях.

Актуальной проблемой является разработка оперативной сварки полиэтиленовых труб соединительными деталями с закладными нагревателями (электромуфтовой сварки) в зимних условиях без строительства отапливаемых укрытий. Привлечение средств математического моделирования позволит наиболее полно изучить тепловой процесс при электромуфтовой сварке, как на стадии оплавления, так и на стадии охлаждения сварного соединения и найти эффективные способы управления тепловым процессом для разработки технологии сварки при температурах ниже нормативных.

Сварку полиэтиленовых труб с помощью деталей с закладным нагревательным элементом (ЗНЭ) при температурах воздуха ниже нормативных можно провести, обеспечив в области сварного соединения регламентируемую температуру. Для этого предлагается проведение предварительного подогрева области сварки с помощью нагревательной спирали самой муфты. После предварительного подогрева для достижения более однородного температурного поля муфта и труба выдерживаются в течение расчетного времени – технологическая пауза. Для поддержания необходимого темпа охлаждения соединения муфта и участки свариваемых труб укрываются теплоизоляционным материалом. Продолжительности предварительного подогрева, выравнивания температуры, толщины теплоизоляции, мощности источника тепла при подогреве определяются методами математического моделирования.

Определение динамики температурного поля при электромуфтовой сварке при допущении об однородности распределения температуры по угловой координате представляет осесимметричную задачу. Расчетная схема трубы с муфтой представлена на рис. 1. Обозначим Ω_1 подобласть стенки муфты и трубы из полиэтилена, Ω_2 – подобласть нагревательного элемента. В силу симметрии рассматривается одна из половин соединения муфты с отрезком трубы. Расчет температурного поля проводится в расчетной области $\Omega = \Omega_1 \cup \Omega_2$.

Рис. 1. Расчетная схема: 1 – стенка муфты; 2 – стенка трубы; 3 – нагревательный элемент

Распределение температуры при сварке полимерных материалов с помощью деталей с закладным нагревателем можно описать уравнением теплопроводности:

$$C_i \rho_i \frac{\partial T}{\partial t} = \operatorname{div}(\lambda_i \operatorname{grad} T) + \gamma Q(t), x \in \Omega, 0 < t \leq t_m, \quad (a)$$

где C – удельная теплоемкость, ρ – плотность и λ – коэффициент теплопроводности, для твердой фазы с индексом 1, для жидкой – с индексом 2, Q – плотность источника теплоты; Ω – пространственная область; $\gamma=1$ в подобласти расположения нагревательного элемента; $\gamma=0$ – в противном случае, плотность теплового источника: $Q(t) = U^2 / (R \cdot (1 + \beta(T(r_m, z, t) - 20)) V_s)$, R – сопротивление спирали при температуре 20 °С; β – температурный коэффициент сопротивления; V_s – объем источника тепла.

Так как в полимерных материалах фазовый переход происходит в интервале температур, то для адекватного описания теплового процесса в математической модели необходимо учитывать промежуточную фазу между твердым и жидким веществом, в которой вещество находится как в твердом, так и в жидком состоянии [3]. В этом случае температурное поле описывается уравнением (1) с эффективным коэффициентом теплоемкости:

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

где Δ – скорость нагрева, варьируемая в дифференциальном сканирующем калориметре (ДСК), $q(T)$ – зависимость теплового потока от температуры, отнесенная к единице массы вещества, регистрируемая ДСК. T_s , T_L – температуры солидуса и ликвидуса, t_1 , t_2 – моменты времени достижения температуры солидуса и ликвидуса.

В начальный момент времени распределение температуры однородное. На левой границе рассматриваемой области выполняется условие симметрии, на правой – условие первого рода. На свободных поверхностях выполняются условия теплообмена с окружающей средой с температурой T_0 .

Для решения задачи использовалась программа свободного доступа Dolfen/FEniCS [5]. Геометрия и триангуляция расчетной области строилась с использованием программы GMSH [6]. Для численного определения температурного поля в расчетной области рассмотрим вариационную постановку задачи, полученную с учетом осевой симметрии и перехода к цилиндрическим координатам, используя формулу интегрирования по частям и неявную разностную схему для аппроксимации по времени, получим следующую постановку задачи:

Используя формулу интегрирования по частям и неявную разностную схему для аппроксимации по времени, получим следующую постановку задачи:

$$2\pi \int_{\Omega} \left(C \rho V r \frac{T}{\tau} + r \lambda \frac{\partial T}{\partial r} \frac{\partial V}{\partial r} + r \lambda \frac{\partial T}{\partial z} \frac{\partial V}{\partial z} \right) dr dz - 2\pi \int_{\Gamma} \alpha (T - T_{окр}) V r ds = 2\pi \int_{\Omega} \left(\gamma Q r v + r V C \rho \frac{\tilde{T}}{\tau} \right) dr dz$$

Моделирование температурных полей при электромуфтовой сварке проводилось для ПЭ100 трубы SDR 11 63×5,8 при температуре окружающего воздуха 20 и минус 40 °С. Расчеты проводились при следующих данных: $r_1=0,0257$ – внутренний радиус трубы; $r_2=0,0315$; $r_3=0,0395$ – внешние радиусы трубы и муфты, м. Продолжительности нагрева и охлаждения для стандартной сварки составляют 70 секунд и 6 мин соответственно.

На рис. 2. приведено распределение температуры при проведении предварительного подогрева и использования теплоизоляции при температуре воздуха -

40 °С. Расчетным путем определено напряжение при предварительном подогреве равно $U_{PH} = 8$ В. Предлагаемая толщина теплоизоляции составляет 2 см. Исследование динамики температурных полей показало увеличение оплавленной зоны после проведения предварительного подогрева, выравнивания и сварки при низких температурах, которая сопоставима с зоной, полученной при допустимых температурах ОВ.

Рис. 2. Распределение температуры в сечении муфты и трубы с теплоизоляцией при температуре ОВ минус 40 °С: а) после предварительного подогрева в течение 17 минут; б) после выравнивания в течение 3 минут; в) после предварительного подогрева, выравнивания и нагрева в течение 70 с

Для получения качественного сварного соединения важную роль играет размер зоны термического влияния (ЗТВ), в которой происходят структурные изменения свариваемого материала. Обычно считается, что ЗТВ при сварке ПЭ ограничена изотермой 80 °С, при которой начинается фазовый переход с выделением теплоты, характеризующей структурные изменения. Были определены ЗТВ в различные моменты охлаждения сварного соединения при допустимой температуре воздуха 0 °С (стандартная сварка) и температуре ниже нормативного -40 °С (рис. 3). При охлаждении соединения под слоем теплоизоляции с толщиной, определяемой расчетом, динамика температурного поля близка к допустимой.

Вычислительными экспериментами установлено, что варьируя технологическими параметрами электромужфтовой сварки полиэтиленовых труб (подаваемое в нагревательный элемент напряжение для подогрева, продолжительности подогрева и выравнивания температур, толщина теплоизоляции при охлаждении) можно обеспечить динамику температурного поля при низких температурах близкую характерным для сварки при допустимых температурах воздуха.

Рис. 3. Распределения температур в сечении муфты и трубы во время охлаждения при температурах ОВ 0 °С (а, б, в) и минус 40 °С (а', б', в'): а, а') – охлаждение 1 мин.; б, б') – охлаждение 3 мин.; в, в') – охлаждение 5 мин

* Работа выполнена при финансовой поддержке Гранта Главы Республики Саха (Якутия) для молодых ученых, специалистов и студентов.

1. Боровский Б.И., Кунский М.О. Оптимизация систем газоснабжения городских микрорайонов // Строительство и техногенная безопасность. 2014. № 50. С. 29–33.

2. Петришин А. К вопросу использования полиэтилена в трубопроводах // Наука сегодня: задачи и пути их решения: мат. межд. научно-практ. конф. – Тюмень: Изд. ООО "Маркер", 2017. С.31-32.
3. Старостин Н.П., Аммосова О.А. Моделирование теплового процесса сварки полиэтиленовых труб встык при низких температурах // Инженерно-физический журнал. 2016. Том 89. №3. С. 706-713.
4. Стечкин С.Б., Субботин Ю.Н. Сплайны в вычислительной математике. М.: Наука, 1976. 248 с.
5. Библиотека FEniCS. <http://fenicsproject.org/>
6. Программа GMSH. <http://geuz.org/gmsh/>

Торопов В.П.

Проект устройства, отбирающего энергию у самого мощного природного аккумулятора – окружающего нас воздуха. Т.е. атмосферы Земли

(Россия, Крым, п.Октябрьское)

doi: 10.18411/lj-30-11-2017-62

idsp: 000001:lj-30-11-2017-62

Наша атмосфера обладает огромным количеством энергии. Полная энергия находится по формуле: $E = C_{уд} \times \Delta T \times m$, где E – полная энергия, дж; $C_{уд}$ – теплоёмкость воздуха = 1000 дж/кг град.; ΔT – разница температур средней и нулевой нашей атмосферы $300-0 = 300$ градусов Кельвина; m – масса нашей атмосферы, кг – очень большое число тонн. Всё это перемножается и получается очень большое число, практически равное бесконечности. А ещё существует закон сохранения энергии, открытый М.В. Ломоносовым: энергия не может из ничего возникнуть, а равно и нигде исчезнуть, она может только превратиться в другой вид. До сих пор считалось, от воздуха невозможно отнять энергию. Я же доказал, что возможно с помощью моего устройства. Оно по своей конструкции будет напоминать конструкцию газотурбинного двигателя с кое-какими изменениями. Меняются местами турбина и компрессор и вместо камеры сгорания установлен теплообменник.

Сади Карно, великий учёный прошлого, описал прямой цикл для теплового двигателя и обратный цикл для холодильных установок. Он брал теплоту от охлаждаемых тел. Не умаляю его работы, но я пошёл дальше его: разработал обратный цикл для теплового двигателя. Я же брал теплоту от потока воздуха после сжатия в компрессоре и поступающего через возвратную систему в теплообменник.

Сущность изобретения показана на схематическом чертеже Фиг.1.

1 – стартёр-генератор; 2 – вал устройства; 3 – турбина; 4 – теплообменник; 5 – компрессор; 6 – возвратная система; 7 – выход воздуха.

Устройство для преобразования воздушного потока работает следующим образом.

Вал устройства разгоняется стартер-генератором в режиме стартера до оборотов, на которых работа, производимая турбиной, не станет больше затрачиваемой компрессором, на величину передачи теплоты в теплообменнике. Далее происходит переключение стартер-генератора в режим генератора. Вал выходит на обороты малого