



СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ ДЕТАЛИ ДЛЯ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ТРУБ. КОНСТРУКЦИЯ ФИТИНГОВ С ЗАКЛАДНОЙ ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЬНОЙ СПИРАЛЬЮ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ

Роберт Эккерт

Фирма FRIATEC AG, Германия

Трубопроводы являются основными средствами производства. Большая часть капитала строительного предприятия, занимающегося газо-, водоснабжением или канализацией, заключена в подземной инфраструктуре трубопроводной сети, существенным аспектом экономичности которой и условием надежного выполнения своей функции является, конечно, надежность. В рамках этой статьи рассматриваются аспекты надежности сварки с помощью закладного нагревательного элемента как метода соединения полиэтиленовых труб.

Современные полиэтиленовые трубопроводы гарантируют строительной фирме и ее клиентам долгую, надежную и, что не менее важно, экономичную эксплуатацию. По современным данным, подтвержденным почти 50 годами практики, прогнозируемый срок службы высокопроизводительных полиэтиленовых трубопроводных систем третьего поколения составляет более 100 лет.

Вопрос надежности трубопровода встает уже в процессе:

- проектирования и подбора подходящего способа прокладки;
- подбора применяемых материалов для труб, фитингов, арматуры;
- подбора подходящего сертифицированного строительного предприятия с квалифицированным персоналом;
- планирования профилактических проверок трубопровода.

Однако бессмысленно говорить только о трубе, не рассматривая систему в целом и не акцентируя внимания на соединительных деталях. Только подходящая, надежная и экономичная соединительная техника является гарантом правильной эксплуатации всей системы.

Соединительная техника

Свариваемость полиэтилена и беспроблемное управление сварочной техникой представляют собой существенное преимущество для полиэтилена по сравнению с другими материалами. Гомогенное сварное соединение материала удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к трубному материалу, и даже существенно превосходит их при применении закладного электронагревателя.

Сварной трубопровод, в отличие от трубопроводов с применением механических компонентов, не подразделяется на отдельные составляющие — труба/фитинг/труба, а представляет собой единую неразборную систему из гомогенного материала. Таким образом, применение эласто-

мерных уплотняющих компонентов, например, в арматуре, сводится к минимуму.

При прокладке труб в грунте применяются стыковой и электромуфтовый способы сварки. Фитинги имеют сертификаты DVGW и соответственно маркируются. Квалификация сварщика должна соответствовать положению GW 330 норм DVGW, проверка сварного соединения — положению GW 331 норм DVGW для газо- и водоснабжения. Речь идет как о строительстве промышленных трубопроводов, так и систем удаления сточных вод. Действуют также специальные нормы DVS (немецкий союз сварщиков), подробно определяющие показатели сварки.

Основной областью применения метода стыковой сварки является сварка труб большого диаметра (> DN 200, d 225), а также прокладка межпоселковых трубопроводов, что объясняется, прежде всего, большими затратами времени, необходимыми для создания сварного соединения.

Метод электромуфтовой сварки применяется во многих областях. Для домовых вводов диаметром до 63 мм и отводов с помощью седелок используются практически только фитинги с закладным нагревательным элементом. Для труб больших диаметров электромуфтовая сварка также предпочтительна благодаря простому и надежному монтажу, возможности быстрой подготовки фитингов к сварке, короткому времени сварки и уменьшению связанных с этим расходов на персонал и глубинную прокладку.

Для труб диаметром до 710 мм фитинги с закладным нагревателем способны решить проблемы врезки в уже существующие трубопроводы, при необходимости изменения направления трубопровода или его ремонте, когда сварка встык нецелесообразна по техническим или экономическим соображениям. Основные преимущества электромуфтовой сварки заключаются в следующем:

- простой монтаж;
- высокая надежность;
- быстрая сварка фитингов;
- экономичное и эффективное применение;
- универсальное применение в отношении полиэтилена и толщины его стенки (SDR);
- практичность при монтаже в траншее.

Фитинги с закладным электронагревателем: влияние конструктивных особенностей на надежность соединения

Национальные (например, DIN 16963) и международные (EN 1555, EN 12201, EN 13244) нормы предъявляют к

техническим и геометрическим параметрам фитингов с закладным электронагревателем лишь самые общие требования. При условии правильного монтажа фитинги должны, разумеется, удовлетворять требованиям, предъявляемым к трубопроводу.

Очевидно, что при лабораторных испытаниях не всегда удается воспроизвести условия, полностью соответствующие практике. В данном случае производитель несет ответственность за то, чтобы система, предлагаемая клиенту, была надежной и практичной. Это требует определенного опыта и ноу-хау в сферах как производства изделий из пластика, так и установки их на стройплощадке. Несмотря на главенствующую роль фактора надежности трубопровода, от которого можно ожидать срок службы до 100 лет, этот аспект иногда приобретает второстепенное значение из-за краткосрочных преимуществ, связанных с применением определенных изделий, при наличии документа, подтверждающего допустимость их использования.

Монтаж фитинга должен происходить, в общем и целом, в соответствии с действующими директивами и инструкциями по монтажу производителя.

Самым важным разработчиком изделия был и остается потребитель. Лишь благодаря его сигналам о недостатках продукта возможно решение проблем, возникающих на практике, и его дальнейшее совершенствование.

Основные параметры

При разработке фитингов с закладным электронагревателем принципиальное значение уделяется следующим параметрам (обратите внимание на данные производителя!):

- свариваемость различных материалов труб (PE 80, PE 100 и PE-Xa);

- температурный диапазон от -15 до +50°C;

- толщина стенки *SDR 17,6* (17,0), *SDR 11*, *SDR 7,4* (стандартные размеры в Германии), нестандартные размеры *SDR 41*, *SDR 21*, а также *SDR 6* применяются при использовании соответствующих параметров;

- свариваемость седелок, включая прорезание отверстия в основной трубе, для всех стандартных размеров труб без давления и, в зависимости от конструкции, при максимальном допустимом рабочем давлении.

Конструкция

Существенным геометрическим аспектом при расчете конструктивных параметров сварной муфты с закладным нагревателем является глубина вставки трубы. Она состоит:

- из сварной зоны, т. е. поверхности гомогенного соединения фитинга с трубой. Упрощенно можно сказать, что чем больше длина сварной зоны, тем больше прочность и надежность сварного соединения на практике;

- из внутренней и наружной холодных зон, задачей которых является:

- удержание расплава, возникающего в процессе сварки;

- компенсация небольших несоосностей и углов, обусловленных процессом монтажа;

- выравнивание или компенсация отклонений формы трубы от идеального состояния, например, овальность, конусообразность концов труб либо срез трубы, выполненный под углом, отличным от 90°, которые также обусловлены условиями монтажа на стройплощадке.

Не подверженные температурному воздействию холодные зоны «тормозят» распространение расплава. Полиэтилен, расплавившийся в процессе сварки, охлаждается в холодных зонах, так что в месте стыка создается равномерное давление расплава. Параметр «давление расплава» является наряду со временем сварки и температурой сварки величиной, определяющей качество сварного соединения. Недостаточное удержание сварного давления может вести к выходу расплава из зоны сварки, ухудшить качество стыка труба—фитинг и потому недопустимо.

Чем длиннее холодные зоны, тем лучше будет происходить компенсация напряжений на изгиб, которые возникают, например, при применении трубы в бухте. Эти напряжения практически не влияют на зону сварки, т. к. труба выравнивается благодаря длинным холодным зонам и, соответственно, большей глубине вставки муфты.

Эти требования нашли отражение в конструкции удлиненной муфты *Frialong*, которая применяется в первую очередь при сварке трубы в бухте (рис. 1).

Особого внимания заслуживает внутренняя холодная зона. Типичные явления отклонения формы концов труб от круглой компенсируются благодаря этой зоне. В случае, когда срез трубы на стройплощадке был выполнен не под прямым углом, нестыковка трубных срезов будет выравниваться благодаря большой длине этой холодной зоны. Поэтому на зону сварки негативного влияния оказываться не будет, и качество сварки будет гарантировано.

Непосредственное влияние на качество соединения оказывает исполнение зоны нагревательного элемента. В табл. 1 представлено сравнение требований норм к исполнению. Чем больше длина зоны сварки, которая отвечает за создание гомогенного соединения, тем выше будет надежность при жестких условиях стройплощадки и долговременная прочность трубного соединения. Рекомендуемая обычно минимальная длина зоны сварки имеет малый допуск при сварке на стройплощадке.

Толщина стенки фитинга должна выбираться таким образом, чтобы фитинг выдерживал давление расплава, образующегося в процессе сварки. Если толщина стенки недостаточна, прочность детали снизится, и она может увеличиться в объеме из-за действующего давления сварки. Сам показатель «давление сварки» не используется при этом в полной мере. Имеющееся в детали напряжение усадки, которое должно использоваться для создания сварного давления, уменьшается и не оказывает практически никакого

Таблица 1

Диаметр	Минимальная длина зоны сварки согласно EN12201-3, EN1555-3, мм	Длина сварной зоны фитингов Frialen, мм	Коэффициент отношения длин
d 32	10	21	2,1
d 63	11	29	2,6
d 125	16	42	2,6
d 225	26	72	2,7
d 400	47	83	1,9
d 630	67	110	1,6

влияния на этот параметр, если об этом напряжении вообще еще можно говорить. Насколько известно, собственное напряжение внутри полиэтилена в течение времени уменьшается — происходит релаксация. Если принимать в расчет радиальную усадку для создания давления в месте стыка, надо указывать и «момент разрушения» фитинга.

Открытая или закрытая нагревательная спираль — только ли риторический вопрос?

Две принципиально разные конструкции фитинга (рис. 2, 3) были предложены несколько десятилетий назад, а споры и дискуссии об этом не затихают до сих пор. Оба варианта — спираль, находящаяся в толще полиэтилена, и открытая, видимая в просвете фитинга, — многократно оправдали себя в течение многолетнего использования.

Тем не менее, сильные и слабые стороны геометрии нагревательной спирали проявляются на стройплощадке. В начале процесса сварки происходит разогрев нагревательной спирали. В случае закрытой нагревательной спирали должен вначале расплавиться слой полиэтилена. Благодаря термическому расширению материала фитинга в расплавленном состоянии этот круговой слой закрыт. Только потом происходит перенос энергии из зоны сварки к трубе. Это затрудняет перенос тепла в зону контакта труба-фитинг из-за слоя полиэтилена, закрывающего спи-

раль, значительная доля энергии тратится на разогрев фитинга. Следствием этого является асимметричная зона расплава (рис. 4) относительно поверхности контакта фитинга с трубой (асимметричный эллипс), большая часть которого находится в фитинге; кроме этого, уменьшается тепловая мощность, необходимая для заполнения зазора между трубой и фитингом. Положение нагревательной спирали и толщина полиэтиленового слоя, которые, конечно же, оказывают основное влияние на подвод тепловой энергии к трубе, не могут быть определены покупателем при монтаже (это возможно лишь разрушающим методом либо путем просвечивания детали).

В случае открытой нагревательной спирали с началом процесса сварки перенос тепла к трубе происходит в форме излучения тепла и конвективных воздушных потоков, обусловленных различным уровнем температуры в зоне контакта. Хотя воздух, как и полиэтилен, является плохим проводником тепла, но при расстояниях между муфтой и трубой менее 0,1 мм перенос тепла происходит практически мгновенно.

Это можно легко проследить на опыте: если поднести палец на расстояние около 1 мм к источнику тепла, например, к включенной плите, не касаясь ее при этом, относительность выражения «воздух — плохой проводник тепла» становится очевидной. Конечно, это выражение правильно в сравнении с веществами типа стали и воды. Но все же относительно маленькая разница между этими веществами, прежде всего между жидким полиэтиленом и воздухом (табл. 2), становится очевидной только при сравнении их теплопроводности.

Так как проволока более чем на половину своего объема находится в полиэтилене, тепловая энергия во время сварки постепенно отводится на окружающий материал. Благодаря этому температура проволоки гарантированно остается на уровне необходимой температуры сварки.

Благодаря оплавлению поверхности трубы непосредственно в начале процесса сварки происходит термическое расширение материала трубы в области контакта с муфтой. Следствием этого является очень быстрое заполнение зазора между фитингом и трубой, т. к. муфта растет по направлению «внутри», а труба — «наружу». По сравнению с

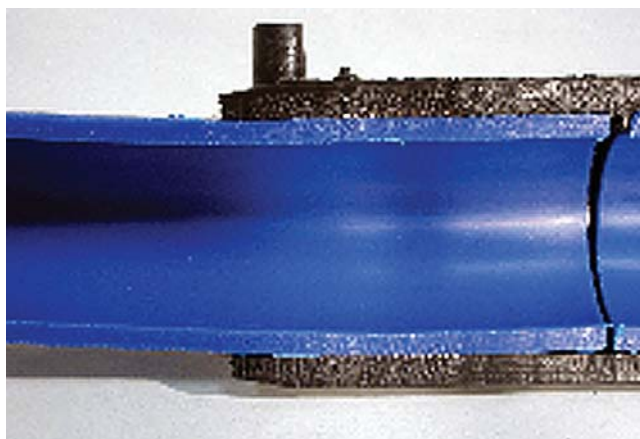


Рис. 1. Напряжение на изгиб при сварке с трубой из бухты компенсируется холодной зоной фитинга.

Таблица 2

Материал	Теплопроводность, Вт/мК	Сравнение материалов
Полиэтилен в твердом состоянии	0,23	—
Полиэтилен в жидком состоянии	0,16	—
Воздух сухой	0,02454	По сравн.с твердым полиэтиленом: 9,4 По сравн.с жидким полиэтиленом: 6,5
Вода	0,6	По сравн.с воздухом: 25
Сталь	47–58	По сравн.с воздухом: ~2040

фитингами с закрытой спиралью фронт сварки не ровный, а волнообразный. В результате площадь соприкосновения значительно увеличивается.

Если же, несмотря на указания производителя, что фитинг должен быть извлечен из упаковки непосредственно перед сваркой, на поверхности муфты образовался оксидный слой, то волнообразным фронтом сварки он будет уничтожен и не окажет никакого влияния на процесс сварки. Загрязнения, осевшие на муфте на стройплощадке, для защиты от которых собственно и служит упаковка, необходимо удалить средством для очистки согласно DVGW P 603.

Спираль находится в полиэтилене (рис. 2) таким образом, что извлечение витков без соответствующего инструмента (например, отвертки), т. е. неправомерный доступ, совершенно исключено. Повреждение или вытягивание витков открытой спирали при вставке трубы исключено. Это подтверждает и практика: за тридцать лет эксплуатации на стройплощадках рекламаций по поводу повреждений нагревательной спирали при вставке трубы не подавалось.

Напротив, при открытой нагревательной спирали потребитель легко может контролировать ее положение. Этот аспект нельзя недооценивать, если вспомнить, что толщи-

ну слоя полиэтилена при закрытой спирали определить невозможно.

По поводу возможности применения фитингов FRI-ALEN® с открытой спиралью в системах промышленных трубопроводов проводились длительные испытания как в очень кислых, так и очень щелочных средах. Испытания всегда были успешны, и ведущие фирмы химической промышленности в течение десятилетий монтируют фитинги FRI-ALEN®.

Маркировка

По маркировке фитингов существуют определенные правила. Основные параметры, такие как производитель, номинальный диаметр, обозначение материала, *SDR* и данные, касающиеся изготовления изделия, должны быть считываемы в течение длительного времени. Данные, относящиеся к монтажу на стройплощадке, как, например, параметры сварки и обратного отслеживания, диапазон значений *SDR* для труб и необходимое время охлаждения после сварки, могут указываться на отдельных этикетках в виде штрих-кода. Все данные должны быть считываемы с фитинга в смонтированном виде (рис. 5).

Параметры сварки

Сварочные параметры наносятся в виде штрих-кода, благодаря которому исключаются принципиальные ошибки, такие как неверный ввод времени и напряжения сварки в ручном режиме. Это правило утверждено в качестве мирового стандарта. Код фитинга нанесен на каждой детали в форме лэйбла, что исключает возможность его утери.

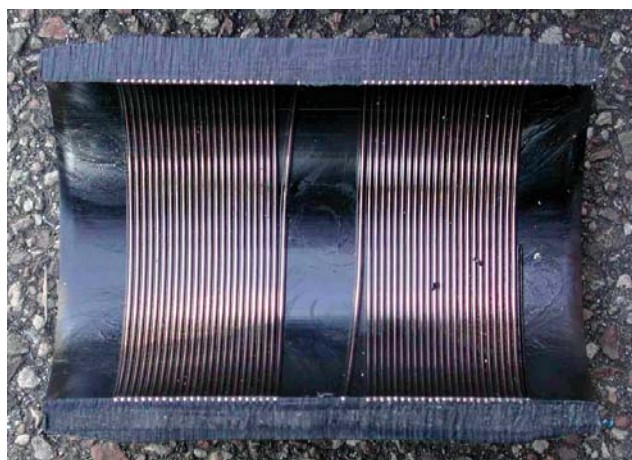


Рис. 2. Разрез — открытая нагревательная спираль.



Рис. 3. Разрез — закрытая нагревательная спираль.

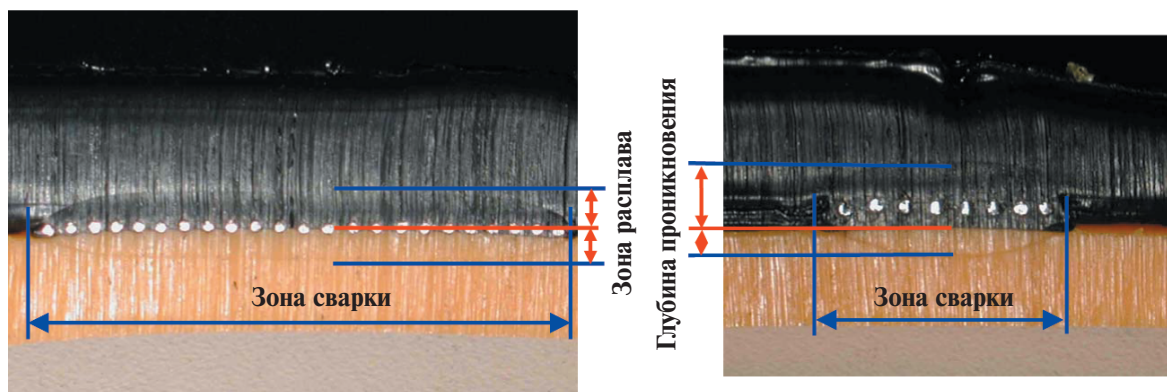


Рис. 4. Приблизненно симметричный сварной эллипс для фитингов с открытой нагревательной спиралью и асимметричный — для фитингов с закрытой спиралью.



Рис. 5. Маркировка фитингов с закладным электронагревателем.

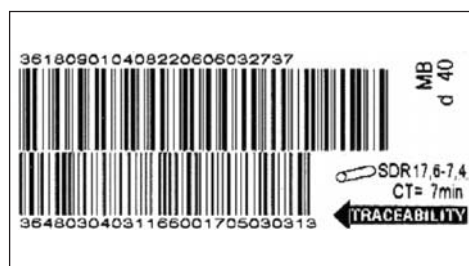


Рис. 6. Штрих-коды параметров сварки и данных обратного отслеживания.



Рис. 7. Внешнее армирование фитинга предохраняет его от расширения во время сварки.

Схема штрих-кода стандартизирована и дает возможность не только определить параметры сварки, но и протоколировать такие данные, как информация о производителе, данные о процессе сварки и т. д., если сварочный аппарат предусматривает возможность протоколирования.

Второй штрих-код, расположенный ниже, содержит данные, необходимые для отслеживания фитинга, которые могут быть отдельно записаны в качестве опции и использованы в электронном протоколе трубы.

Благодаря этой международной системе штрих-кода полностью исключается возможность неверного распознавания параметров (рис. 6).

Штрих-код содержит также так называемую температурную компенсацию. Сварочный аппарат корректирует энергию, необходимую для данного процесса сварки, всегда индивидуально в зависимости от температуры окружающей среды.

Температура окружающей среды измеряется с помощью датчика, установленного в непосредственной близости от места сварки. Записанное в штрих-коде время сварки для температуры окружающей среды 20°C автоматически увеличивается при низкой температуре и уменьшается при высокой. Благодаря этому в закрытой, защищенной фитингом зоне контакта создаются при различной

внешней температуре примерно одинаковые условия сварки. Почти все производители фитингов используют функцию температурной компенсации, чтобы исключить негативное воздействие разнообразных внешних условий.

С помощью технологии штрих-кода и разработки универсальных поливалентных сварочных автоматов стала возможной оптимизация параметров сварки. Действующие международные и национальные стандарты позволяют сегодня использовать диапазон малых напряжений от 8 до 48 В, что дает возможность улучшить оптимальные параметры, принимая во внимание температурный диапазон и толщину стенки, чтобы достичь наилучшего качества соединения. Этот результат был достигнут опытным путем также и другими иностранными производителями.

Оптимальное определение параметров напряжения и времени сварки позволяет гарантировать, что даже при некотором несоответствии реальных условий оптимальным (это касается, например, зазора между трубой и фитингом, температуры окружающей среды, материала фитинга) сварочный процесс пройдет нормально. Так как полиэтилен обладает относительно плохой теплопроводностью, и в то же время необходимо избежать слишком агрессивного энергетического воздействия, слишком короткое время сварки, исходя из законов физики, оказывается проблема-

Таблица 3

Диаметр трубы	Номинальный наружный диаметр (в соответствии с EN 12201-2, EN 1555-2), мм	Средний наружный диаметр, мм		Допуск Δd , мм
		мин.	макс.	
d 32	32	32,0	32,3	+ 0,3
d 63	63	63,0	63,4	+ 0,4
d 125	125	125,0	125,8	+ 0,8
d 225	225	225,0	226,4	+ 1,4
d 400	400	400,0	402,4	+ 2,4
d 630	630	630,0	633,8	+ 3,8

тичным: глубина проникновения тепловой энергии в трубу и фитинг оказывается недостаточной, расплава образуется также недостаточно, что ведет к недостаточно прочному стыку. В действительности время сварки не оказывает влияния на скорость прокладки трубопровода, т. к. оно в любом случае измеряется минутами или секундами. Поэтому только на первый взгляд короткое время сварки является преимуществом, которое находится в противоречии с законами физики.

Фитинги для труб большого диаметра

Чтобы гарантировать создание сварного давления во время процесса сварки, следует не допустить расширения фитинга. Этого можно добиться, например, армированием, как в конструкции муфт FRIALEN® большого диаметра (рис. 7). Этот «корсет» препятствует расширению муфты и обеспечивает создание достаточного сварного давления.

Для муфт диаметром от 280 до 710 мм дополнительную надежность процессу сварки обеспечивает метод предварительного прогрева. Допуски на диаметр растут с ростом наружного диаметра трубы (табл. 3). Однако необходимо обеспечить монтируемость фитинга на трубу.

Кроме того, из-за длительного хранения труб с учетом их собственного веса и больших размеров, труба часто теряет круглую форму, становится овальной; местами встречаются даже плоские участки. Вследствие этого между фитингом и трубой образуется зазор, который может негативно сказаться на сварке. Решением этой проблемы является метод предварительного прогрева (рис. 8), благодаря которому происходит сокращение зазора между фитингом и трубой за счет расширения фитинга и уменьшения внутренних напряжений. Во время предварительного нагрева в зоне контакта труба–фитинг создается температура ниже температуры плавления полиэтилена. Создать такое тепловое воздействие, действующее локально непосредственно на поверхность трубы, возможно лишь с помощью фитинга с открытой нагревательной спиралью. Поэтому этот метод не применим с фитингами с закрытой нагревательной спиралью.

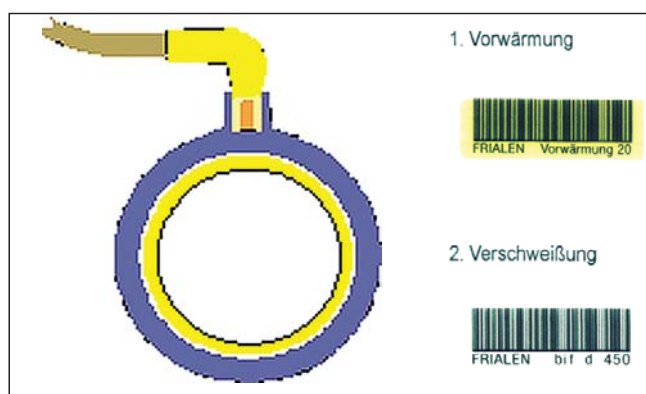


Рис. 8. Принцип работы фитингов с предварительным прогревом.

При уменьшении величины зазора в условиях стройплощадки существенно повышается качество стыка труба–фитинг, т. к. сварное давление возрастает.

Выводы: Сварные фитинги с закладным электронагревателем для соединения трубопроводов в газо- и водоснабжении (а также, во все более растущей степени, для канализации) в ходе многолетней эксплуатации зарекомендовали себя как надежная, экономичная и удобная для пользователя техника. Необходимо следовать требованиям надежности трубопровода на всех этапах работы – от проектирования до сдачи в эксплуатацию, а также во время самой эксплуатации. С учетом требований к качеству особое значение приобретает правильный подбор фитингов. Показателями, оптимизирующими процесс сварки, являются большая глубина посадки трубы в фитинг, длинная сварная зона и открытая нагревательная спираль. При этих условиях фитинг сможет выполнять свои функции даже в неблагоприятных условиях стройплощадки.

По всем вопросам обращаться в московское представительство по тел.: (095) 234 0476, 129 8002.