

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **039608**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.02.16

(21) Номер заявки
201891787

(22) Дата подачи заявки
2017.02.23

(51) Int. Cl. *F16L 59/02* (2006.01)
F16L 59/065 (2006.01)
F16L 59/153 (2006.01)
F16L 11/22 (2006.01)

(54) **ИЗОЛИРОВАННАЯ ТРУБА**

(31) **10 2016 103 446.0**

(32) **2016.02.26**

(33) **DE**

(43) **2019.01.31**

(86) **PCT/EP2017/054228**

(87) **WO 2017/144609 2017.08.31**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ЮПОНОР ИННОВЕЙШН АБ (SE)

(72) Изобретатель:
Росезн Патрик (SE)

(74) Представитель:
Медведев В.Н. (RU)

(56) US-A1-2015375433
GB-A-2397076
EP-A2-0949444
US-A1-2009007594
US-A1-2011129398
US-A1-2013149481

(57) Изобретение относится к изолированной трубе, содержащей одну или более внутреннюю трубу, содержащую пластик, гибкую вакуумную изолирующую панель, окружающую одну или более внутреннюю трубу, и внешнюю оболочку.

B1

039608

**039608
B1**

Настоящая заявка относится к изолированной трубе, в частности к трубе с вакуумной изоляцией для локального теплоснабжения.

Современные решения для локального теплоснабжения должны соответствовать жестким требованиям к безопасности, надежности, прочности и эффективности.

Известно использование предварительно изолированных труб для распределения теплой питьевой воды или для отопительных сетей в зданиях разного типа, среди которых имеются гостиничные комплексы, промышленные здания и индивидуальные жилые дома, а также многоэтажные здания. Такие трубы могут применяться для подачи теплоты от локальной котельной непосредственно в здание или позволяют легко соединить предварительно изолированные трубы с коллектором системы напольного отопления.

До настоящего времени трубы с вакуумной изоляцией применялись для первичного распределения теплоты и содержали внутреннюю трубу, в результате чего теряли гибкость. Такие трубы известны, например, из WO 95/00797 A1.

Задачей настоящего изобретения является создание изолированной трубы, имеющей очень низкую теплопроводность, оставаясь компактной и достаточно гибкой, так, чтобы ее можно было сворачивать в бухту. Другой задачей настоящего изобретения является создание изолированной трубы, обладающей высокими характеристиками сопротивления старению даже в свернутом в бухту состоянии.

Эти задачи решаются с помощью трубы, содержащей одну или более внутреннюю трубу, содержащую пластик, вакуумную изолирующую панель, окружающую одну или более внутреннюю трубу, внешнюю оболочку, предпочтительно содержащую пластик.

В предпочтительном варианте одна или более внутренняя труба является многослойной трубой, предпочтительно содержащей один или более диффузионных барьерных слоев, таких как слой алюминия.

Предпочтительно диффузионный барьер изготовлен из материала, содержащего материал, выбранный из группы, содержащей этиленвиниловый спирт, алюминиевая фольга и их комбинации, или предпочтительно состоящий из этого материала.

В предпочтительном варианте одна или более внутренняя труба состоит из пластика.

Предпочтительно пластик является полиолефином. Полиолефин, применяемый для внутренней трубы, не ограничивается. Можно применять несшитые полиолефины. Предпочтительно несшитые полиолефины выбраны из группы, содержащей полиэтилен, полиэтилен повышенной термостойкости, полипропилен, предпочтительно PPR, (прибл. 5% полиэтилена в молекулярной цепочке статистического равномерного полимера (статистического сополимера, полипропилена), полибутилен терефталат и их смеси.

Альтернативно, можно применять сшитый полиолефин. Примером сшитого полиолефина является сшитый полиэтилен, предпочтительно изготавливаемый из полиэтилена высокой плотности. Сшитый полиэтилен содержит поперечные связи в структуре полимера, что делает термопластичный материал терморезистивным. Сшивание происходит во время экструзии трубы или после нее. Степень сшивания предпочтительно составляет от 60 до 90%. Более высокая степень сшивания может привести к хрупкости материала и растрескиванию материала под напряжением, тогда как более низкая степень сшивания дает внутреннюю трубу с ухудшенными физическими свойствами. Более предпочтительно степень сшивания задается в соответствии со стандартом ASTM F876 или ISO 15875. Сшитый полиэтилен является предпочтительным материалом для одной или более внутренней трубы благодаря свойствам материала, в частности гибкости и стойкости к высокой температуре.

Вакуумные изолирующие панели являются листами, в которых изолирующие материалы или инертные наполнители полностью инкапсулированы, и оболочка, обладающая максимальной газонепроницаемостью, очень существенно вакуумирована. Материал оболочки требует очень низких величин диффузии газов, чтобы после вакуумирования вакуум сохранялся максимально долго. Согласно настоящему изобретению гибкая изолирующая панель является панелью, обладающей более высокой гибкостью, чем панель с сердечником из предварительно спрессованного диоксида кремния. В частности, согласно настоящему изобретению гибкая вакуумная изолирующая панель является панелью, в которой сердечник вакуумной изолирующей панели содержит порошкообразный материал, такой как порошок неорганических оксидов. Процессы изготовления таких вакуумных изолирующих панелей, имеющих сердечник из порошкообразного материала, известны, например из WO 2014/183814 A1. Такая вакуумная изолирующая панель имеет толщину от 5 до 40 мм, более предпочтительно от 5 до 35 мм, наиболее предпочтительно от 8 до 30 мм. Коэффициент теплоусвоения U такой вакуумной изолирующей панели предпочтительно меньше $0,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$, более предпочтительно меньше $0,25 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$.

В контексте настоящего описания листы вакуумных изолирующих панелей, в которых полностью инкапсулированы изолирующие материалы или наполнитель, именуется оболочкой. Далее содержимое оболочки именуется сердечником вакуумной изолирующей панели. Сердечник предпочтительно содержит не сплавленный сыпучий порошкообразный материал.

Вакуумная изолирующая панель предпочтительно содержит фильтрующий материал. Фильтрую-

щий материал может, например, состоять из нетканого полиэфирного волокна, который может быть приклеен к оболочке вакуумной изолирующей панели. Фильтр облегчает вакуумирование оболочки вакуумной изолирующей панели, заполненной не сплавленным сыпучим порошкообразным материалом.

Например, можно использовать фильтр, описанный в DE 1020050045726. Не сплавленный сыпучий порошок вводят, в частности засыпают, в отверстие мешка, сформированного из высоконепроницаемой пленки и открытого с одной стороны; фильтрующий материал, проницаемый для воздуха и непроницаемый для пыли порошка, крепят к внутренней стороне пленочного мешка так, чтобы внутренняя поверхность мешка была закрыта непроницаемо для пыли, но чтобы воздух мог выходить; после этого закрытый непроницаемо для пыли пленочный мешок вакуумируют и вакуумированный пленочный мешок наконец герметично закрывают в вакууме.

В варианте этого способа вакуумную изолирующую панель изготавливают следующим образом: Мешок сваривают по трем кромкам. Фильтр приваривают так, чтобы он покрывал четвертую кромку. Остальные кромки не приваривают и мешок можно открыть. Однако отверстие полностью покрыто фильтром. "Иглу форсунки" вставляют сквозь фильтр и мешок заполняют не сплавленным сыпучим порошком диоксида кремния через "иглу форсунки". Таким образом, фильтр подвергается минимальному воздействию. После этого мешок помещают в вакуум и затем четвертую кромку окончательно заваривают.

Альтернативно можно использовать способ, описанный в US 20130149481 A1: берут не сплавленный сыпучий порошковый сердечник, помещенный на первую барьерную пленку так, чтобы эта барьерная пленка представляла собой проходящий по всей окружности выступ относительно первой прилегающей основной поверхности сердечника; укладывают плоский фильтрующий материал, уложенный на него так, чтобы фильтрующий материал представлял собой проходящий по всей окружности выступ относительно второй основной поверхности сердечника, прилегающей к фильтрующему материалу; при этом плоский фильтрующий материал соединен в области выступа с выступом первой барьерной пленки так, чтобы объем сердечника или порошка был герметизирован; вакуумируют сердечник в вакуумной камере до давления <math><10</math> мбар, наносят вторую барьерную пленку снаружи на фильтрующий материал так, чтобы вторая барьерная пленка представляла собой проходящий по всей окружности выступ, который выступает за вторую основную поверхность сердечника, и соединялась под действием вакуума с выступом фильтрующего материала и/или с выступом первой барьерной пленки так, чтобы внутренний объем, состоящий из порошкового сердечника и фильтрующего листового материала, был уплотнен непроницаемо для вакуума; и удаляют листовой материал из вакуумной камеры после аэрации. Последний способ является предпочтительным, поскольку он допускает более быстрое вакуумирование.

В предпочтительном варианте по меньшей мере одна из сторон оболочки вакуумной изолирующей панели имеет канавки для повышения гибкости. Эти канавки, например, могут быть сформированы тиснением предварительно заполненной оболочки в вакуумной печи. Эти канавки предпочтительно не проникают сквозь изоляцию для предотвращения появления эффекта термического мостика. Количество и расположение канавок не ограничивается. Предпочтительно, канавки расположены равномерно. Более предпочтительно канавки расположены так, чтобы проходить в направлении наибольшей длины вакуумной изолирующей панели. В частности, расстояние между канавками равно от 0,5 до 5 см, более предпочтительно от 1 до 4 см, в частности от 1 до 3 см.

В предпочтительном варианте изолированная труба далее содержит диффузионный барьер между одной или более внутренней трубой и гибкой вакуумной изолирующей панелью. Диффузионный барьер предпочтительно является влагостойким. Например, в качестве диффузионного барьера можно использовать алюминиевую фольгу. Альтернативно или дополнительно, в качестве диффузионного барьера можно использовать слой этиленвинилового спирта, который является формальным сополимером этилена и винилового спирта. Слой этиленвинилового спирта препятствует попаданию кислорода в текучую среду внутри трубы, что потенциально вызывает коррозию радиаторов. Можно экструдировать диффузионный барьер на внутренней трубе. Альтернативно или дополнительно, можно обертывать вакуумную изолирующую панель диффузионным барьером, например алюминиевой фольгой.

Обертывание вакуумной изолирующей панели диффузионным барьером повышает стойкость вакуумной изолирующей панели к старению. Предпочтительно диффузионный барьер изготовлен из материала, содержащего или предпочтительно состоящего из материала, выбранного из группы, содержащей этиленвиниловый спирт, алюминиевую фольгу и их комбинации.

В качестве материала для внешней оболочки можно использовать тот же пластик, указанный выше, что и для одной или более внутренней трубы.

В предпочтительном варианте изолированная труба далее содержит гибкий слой под внешней оболочкой, предпочтительно изготовленный из предпочтительно сшитого вспененного полиэтилена или полиуретана.

В предпочтительном варианте изолированная труба далее содержит гибкий слой под внешней оболочкой, предпочтительно изготовленный из предпочтительно сшитого вспененного полиэтилена или полиуретана. Ввиду уменьшенной хрупкости предпочтительным является сшитый или несшитый вспе-

ненный полиэтилен. Этот гибкий слой предотвращает чрезмерное повышение температуры вакуумной изолирующей панели во время обработки внешней оболочки и обеспечивает механическую защиту вакуумной изолирующей панели. Более конкретно, гибкий слой обеспечивает теплоизоляцию и механическую защиту вакуумной изолирующей панели во время обработки (т.е., от высокой температуры, которая воздействует на вакуумную изолирующую панель во время экструзии внешнего слоя пластика на внешнюю поверхность трубы). Это дает возможность непрерывного производства трубы. В отличие от этого в известных способах, основанных на металлических трубах, использовался пакетный метод, при котором полиуретан отливался по месту. Поэтому для таких изделий отсутствует риск воздействия высокой температуры на вакуумную изолирующую панель во время изготовления (которая могла бы ухудшить изоляцию). Сшитый вспененный полиэтилен является особенно предпочтительным из-за его термической стабильности, которая облегчает изготовление трубы. Другой функцией является механическая защита вакуумной изолирующей панели и теплоизоляция. Кроме того, сшитый вспененный полиэтилен меньше впитывает влагу, чем вспененный полиэтилен.

В предпочтительном варианте изолированная труба далее содержит одну или более проставку между вакуумной изолирующей панелью и внешней оболочкой, предпочтительно изготовленную из вспененного полимера.

В предпочтительном варианте сердечник вакуумной изолирующей панели содержит неорганические оксиды в форме порошка, предпочтительно порошка диоксида кремния, более предпочтительно, порошка пирогенного диоксида кремния. Такой порошок неорганических оксидов является предпочтительным потому, что он улучшает гибкость вакуумной изолирующей панели, в частности, по сравнению с предварительно спрессованным диоксидом кремния. Диоксид кремния является предпочтительным, поскольку он более стоек к старению (т.е. увеличение давления из-за прямой диффузии газов увеличивает лямбду с меньшей скоростью для порошка диоксида кремния благодаря его наноструктуре). Дополнительно диоксид кремния имеет малый размер пор и поэтому не столь чувствителен к давлению, как, например, стекловолокно. Поэтому диоксид кремния подходит для длительного применения, особенно при повышенных температурах, когда диффузия ускоряется. Плавный кварц, также известный как пирогенный диоксид кремния, поскольку он изготавливается в пламени, состоит из микроскопических капель аморфного диоксида кремния, сплавленных в разветвленные цепочкообразные трехмерные вторичные частицы, которые затем агломерируются в третичные частицы. Полученный порошок имеет чрезвычайно низкую объемную плотность и большую площадь поверхности. Пирогенный диоксид кремния изготавливают методом пламенного пиролиза тетрахлорида кремния или из кварцевого песка, испаряемого электрической дугой с температурой 3000°C. Основными глобальными производителями являются Evonic (Aerosil®), Cabot Corporation (Cab-O-Sil®), Wacker Chemie (HDk®) Dow Corning and OCI (Kona-sil®). Пирогенный диоксид кремния является особенно предпочтительным потому, что вакуумные изолирующие панели, содержащие пирогенный диоксид кремния, разлагаются приблизительно в 100 раз медленнее, чем панели со стекловолокном и, поэтому, являются предпочтительными для применения в условиях повышенных температур. Например, сердечник вакуумной изолирующей панели может содержать пирогенный диоксид кремния, вещества, поглощающие инфракрасное излучение и небольшое количество органических волокон. Материал сердечника предпочтительно является негорючим. Он предпочтительно герметично упакован в пленку, обладающую высокой газонепроницаемостью и в дополнительную ткань из стекловолокна для защиты от механических ударов.

В предпочтительном варианте вакуумная изолирующая панель далее содержит внешний кожух, изготовленный из элемента, выбранного из группы, содержащей металлическую фольгу, полиэфир или полиамид и их комбинации, предпочтительно металлизированную тонкую пленку. Следует отметить, что алюминиевая фольга содержит на единицу площади в 21 раз больше алюминия по сравнению с металлизированной пленкой. Поэтому можно ожидать большего количества тепловых мостиков в вакуумной изолирующей панели, содержащей алюминиевую фольгу, по сравнению с металлизированной тонкой пленкой, что дает меньшую величину лямбда вакуумной изолирующей панели. Следовательно, металлизированная тонкая пленка является предпочтительной с точки зрения теплопроводности.

В предпочтительном варианте вакуумная изолирующая панель содержит слои сополимера этиленвинилового спирта, расположенные внутри вакуумной изолирующей панели. Такие слои сополимера этиленвинилового спирта являются предпочтительными из-за характеристик стойкости к старению.

В предпочтительном варианте вакуумная изолирующая панель содержит шпунтовые соединения для швов без зазоров.

В предпочтительном варианте изолированная труба содержит одну внутреннюю трубу, установленную соосно с необязательным диффузионным барьером, вакуумной изолирующей панелью и внешней оболочкой. В этом варианте вакуумная изолирующая панель может быть обернута более чем один раз, предпочтительно дважды, вокруг внутренней трубы. Такая конструкция является предпочтительной для изолированных труб, содержащих внутреннюю трубу диаметром менее 100 мм, более предпочтительно менее 75 мм, в частности менее 50 мм.

В предпочтительном варианте изолированная труба содержит две внутренние трубы, расположен-

ные не соосно относительно внешней оболочки. В этом варианте каждая внутренняя труба может быть окружена необязательным диффузионным барьером и вакуумной изолирующей панелью. Альтернативно только одна из внутренних труб может быть окружена необязательным диффузионным барьером и вакуумной изолирующей панелью. Альтернативно обе внутренние трубы могут быть обернуты одной вакуумной изолирующей панелью. Предпочтительно две внутренние трубы обернуты одной вакуумной изолирующей панелью так, чтобы внутренняя труба для транспортировки текучей среды с более высокой температурой была лучше изолирована. Более предпочтительно, внутренняя труба для транспортировки текучей среды с более высокой температурой полностью обернута вакуумной изолирующей панелью, тогда как вакуумной изолирующей панелью обернута только часть окружности второй внутренней трубы для транспортировки текучей среды с более низкой температурой, обращенная к первой внутренней трубе.

В предпочтительном варианте сила для изгиба на 90° отрезка трубы, имеющей внутреннюю трубу диаметром 20-60 мм, предпочтительно 25-50 мм, в частности 25-40 мм, зажатого на расстоянии 1 м, вокруг опоры отличается менее чем на 120 Н, предпочтительно менее чем на 40%, более предпочтительно менее чем на 30% по сравнению с той же трубой без вакуумной изолирующей панели.

В предпочтительном варианте сила для изгиба на 90° отрезка трубы, имеющей внутреннюю трубу диаметром 60-120 мм, предпочтительно 65-100 мм, в частности 65-90 мм, зажатого на расстоянии 1 м, вокруг опоры отличается менее чем на 20%, предпочтительно менее чем на 10% по сравнению с той же трубой без вакуумной изолирующей панели.

В предпочтительном варианте изолированная труба имеет коэффициент теплопроводности λ менее 0,02 Вт/(м*К), предпочтительно менее 0,015 Вт/(м*К).

В предпочтительном варианте изолированная труба имеет коэффициент теплоусвоения U менее 0,35 Вт/(м²*К), предпочтительно менее 0,3 Вт/(м²*К), более предпочтительно менее 0,25 Вт/(м²*К), в частности менее 0,2 Вт/(м²*К).

В предпочтительном варианте изолированная труба имеет линейную теплопроводность \wedge менее 0,08 Вт/(м*К), предпочтительно 0,07 Вт/(м*К).

В предпочтительном варианте изолированная труба имеет линейную теплопроводность \wedge , уменьшенный до 60%, предпочтительно до 65% по сравнению с той же трубой без вакуумной изолирующей панели.

Трубы по настоящему изобретению можно соответственно применять для распределения тепловой питьевой воды или для локального теплоснабжения, в частности для локального теплоснабжения конечных потребителей (вторичные сети). Трубы обладают очень хорошей теплоизоляцией, и соответствуют всем действующим нормативным требованиям в Европе. Трубы имеют более компактные размеры по сравнению с известными трубами, обладающими такими же свойствами теплоизоляции (низкой теплопроводностью). Кроме того, трубы обладают достаточной гибкостью, например, чтобы сворачивать из бухты отрезками, например, по 200 м. Наконец, трубы по настоящему изобретению обладают прекрасной сопротивляемостью старению даже свернутые в бухты. Это особенно неожиданно, поскольку значительный изгиб трубы означает, что вакуумная изолирующая панель изгибается в двух направлениях, первым из которых является оборачивание вокруг трубы, а вторым - изгиб, повторяющий изгиб трубы.

В дальнейшем изобретение поясняется описанием вариантов его осуществления, приводимого со ссылками на сопровождающие чертежи, на которых

фиг. 1 изображает трубу с вакуумной изоляцией с одной внутренней трубой из сшитого полиэтилена;

фиг. 2 - трубу с вакуумной изоляцией с одной внутренней трубой из сшитого полиэтилена с альтернативным расположением вакуумной изолирующей панели;

фиг. 3 - двойную трубу, содержащую две внутренние трубы с вакуумной изоляцией из сшитого полиэтилена;

фиг. 4 - двойную трубу с двумя внутренними трубами из сшитого полиэтилена, в которой одна внутренняя труба имеет вакуумную изоляцию;

фиг. 5 - двойную трубу, содержащую две внутренние трубы из сшитого полиэтилена, в которой одна вакуумная изолирующая панель обернута вокруг обеих внутренних труб;

фиг. 6 - двойную трубу, содержащую две внутренние трубы из сшитого полиэтилена, в которой одна вакуумная изолирующая панель обернута вокруг первой внутренней трубы, образуя U-образное сечение, а другая вакуумная изолирующая панель обернута вокруг второй внутренней трубы, образуя U-образное сечение так, чтобы открытые части U-образных сечений были в каждом случае обращены к другой внутренней трубе.

На фиг. 1 показана изолированная труба, содержащая внутреннюю трубу (1) из сшитого полиэтилена, необязательный диффузионный барьер (2), вакуумная изолирующая панель (3), вспененный сшитый полиэтилен (4) и труба-оболочка (5), расположенные соосно.

На фиг. 2 показан альтернативный вариант изолированной трубы, содержащий внутреннюю трубу (1) из сшитого полиэтилена, необязательный диффузионный барьер (2), вакуумную изолирующую панель (3), вспененный сшитый полиэтилен (4) и трубу-оболочку (5), расположенные соосно. В этом альтернативном варианте вакуумная изолирующая панель обернута более чем на один оборот вокруг внут-

ренной трубы из сшитого полиэтилена. Такая конструкция является предпочтительной для изолированной трубы с наружным диаметром менее 100 мм.

На фиг. 3 показана двойная труба, содержащая две внутренние трубы из сшитого полиэтилена с вакуумной изоляцией, содержащих внутреннюю трубу (1) из сшитого полиэтилена, необязательный диффузионный барьер (2) и вакуумную изолирующую панель (3) соответственно. Эти две внутренние трубы окружены вспененным сшитым полиэтиленом (4), который также окружен трубой-оболочкой (5). В этой двойной трубе используется не соосное расположение двух внутренних труб.

На фиг. 4 показан первый альтернативный вариант двойной трубы, содержащей две внутренние трубы из сшитого полиэтилена, в котором подающая труба (6) (с наивысшей температурой) содержит внутреннюю трубу (1) из сшитого полиэтилена, необязательный диффузионный барьер (2) и вакуумную изолирующую панель (3) и в которой возвратная труба (7) (с пониженной температурой) содержит внутреннюю трубу (1) из сшитого полиэтилена и необязательный диффузионный барьер (2). Эти две внутренние трубы окружены вспененным сшитым полиэтиленом (4), который также окружен трубой-оболочкой (5). В этой двойной трубе внутренние трубы расположены не соосно.

На фиг. 5 показан второй альтернативный вариант двойной трубы, содержащей две внутренние трубы из сшитого полиэтилена, в которой подающая труба (6) (с наивысшей температурой) и возвратная труба (7) (с пониженной температурой) содержат внутреннюю трубу (1) из сшитого полиэтилена, и необязательный диффузионный барьер (2), соответственно. Вакуумная изолирующая панель (3) обернута вокруг обеих внутренних труб так, что подающая труба (6) (с наивысшей температурой) (почти) полностью покрыта вакуумной изолирующей панелью (3), а возвратная труба (7) (с пониженной температурой) покрыта вакуумной изолирующей панелью (3) частично. Эти две внутренние трубы окружены вспененным сшитым полиэтиленом (4), который вновь окружен трубой-оболочкой (5). В этой двойной трубе внутренние трубы расположены не соосно.

Была проведена проверка теплопроводности и гибкости труб в вариантах, показанных на фиг. 1 и 2.

Измерения теплопроводности

В качестве тестового образца использовался отрезок трубы в варианте, показанном на фиг. 1, длиной 2600 мм, содержащей трубу из сшитого полиэтилена диаметром 32 мм, вакуумную изолирующую панель (Va-Q-plus® компании va-Q-Tec), Слой вспененного сшитого полиэтилена и внешнюю пластиковую оболочку. В качестве эталона использовалась такая же труба, но без вакуумной изолирующей панели.

Методика испытания основана на стандартах SFS-EN 253:2009+A1::2013 и EN ISO 8497. Температура была установлена на 70 (+5)°C.

Пластиковая оболочка образца просверливалась до внешней поверхности изоляции для установки датчиков вокруг образца. Температура внешней поверхности изоляции измерялась в 14 точках вокруг образца. Средняя температура вычислялась по 10 последним точкам. Средняя температура представлена в таблице результатов.

Оба конца были изолированы полиуретановыми крышками [толщиной] > 10 см для предотвращения осевого теплового потока. Поскольку торцевые потери были незначительными, они игнорировались. Между торцевыми крышками в середине проточной трубы крепился нагревательный резистор. Температура проточной трубы поддерживалась в диапазоне 70 (+5)°C. Труба стабилизировалась при тестовой температуре в течение >10 ч.

Датчики температуры были помещены в проточную трубу и закрыты керамическими экранами. Эта методика отличается от стандартной. Потому было принято расчетное тепловое сопротивление трубы из сшитого полиэтилена используя для 32-мм трубы величины $d=0,0044$ м для толщины стенки и $\lambda=0,35$ Вт/мК.

Таблица 1. Результаты измерений теплопроводности

	Единиц	VIP32/14	Эталон
	a	0	(D140)
Окружность изоляции	М	0,33395	0,3708
Диаметр проточной трубы	М	0,0323	0,323
Температура проточной трубы	°C	68,80	67,46
Температура изоляции	°C	10,37	13,80
Мощность	Вт	8,84	17,67
Теплопроводность, λ	Вт/мК	0,011	0,034
Линейная теплопроводность, Λ	Вт/мК	0,058	0,165
Разница с эталоном (Δ)	%	65	0

Кроме того, также проводились измерения на 75-мм трубе в варианте, показанном на фиг. 2. Эти измерения сравнивались с расчетной величиной трубы без вакуумной изолирующей панели.

Диаметр внешней пластиково й трубы (мм)	Толщин а стенки трубы (мм)	Толщина вакуумной изолирующе й панели (мм)	Изолирующа я пена (мм)	Диаметр трубы- оболочк и (мм)	Величин а U (Вт/м ² К)
75	6,8	12	20,5	140	0,155
75	6,8	0	32,5	140	0,386

Результаты этих измерений показывают, что применение вакуумной изолирующей панели позволяет уменьшить толщину стенки внешней трубы-оболочки, сохраняя очень высокую величину U.

Измерения гибкости

Излагая кратко, один конец трубы зафиксирован, а второй конец тянули для создания изгиба. Труба была согнута с радиусом изгиба 0,5 м на опоре. Трубу гнули до тех пор, пока движению не мешала опора, что теоретически составляло 90°.

Более конкретно, использовалась следующая процедура.

Собирали устройство так, чтобы расстояние между шкивом и зажимным приспособлением составляло 1 м.

Зажимали трубу так, чтобы расстоянием между зажимами составляло 1 м. Таким образом, длина образца должна быть больше 1 м.

(Угол проволоки/трубы равен 45°)

Регулировали опору так, чтобы она касалась трубы.

Соединяли зажим и крановые весы со стальной проволокой и поднимали кран, пока проволока не натянется.

Тарировали электронные крановые весы.

Начинали запись на камеру так, чтобы на видео были видны крановые весы.

= Начинали поднимать кран с наименьшей скоростью.

Подъем и запись можно остановить после того, как опора полностью воспрепятствует изгибу и показания крановых весов начнут увеличиваться значительно быстрее.

Ниже приведены результаты измерений гибкости.

"Термо одна" - означает, что внутри находится только одна труба, а не две.

75 или 32 - диаметр трубы из сшитого полиэтилена, а другое число - диаметр наружной оболочки.

"VIP длинная" - вакуумные изолирующие панели длиной 1300 мм

"VIP короткая" - вакуумные изолирующие панели длиной 313 мм

Если "VIP" не указано, имеется только изоляция из вспененного сшитого полиэтилена, без вакуумной изолирующей панели.

Таблица 2. Изгибающая сила [Н]/90°

	Изгибающая сила в Н при 90°
Термо одна 75/D200	688
Термо одна 75/D175 (VIP длинная)	677
Термо одна 75/D140 (VIP длинная)	703

Таблица 3. Изгибающая сила [Н]/90°

	Изгибающая сила в Н при 90°
Термо одна 32/D140	76
Термо одна 32/D140 (VIP длинная)	97
Термо одна 32/D140 (VIP короткая)	94
Термо одна 32/D90 (VIP короткая)	69
Термо одна 32/D90 (VIP длинная)	76

Ускоренное старение

Были проведены четыре эксперимента для оценки ускоренного старения вакуумных изолирующих панелей. Все испытания проводились в закрытом помещении. Для минимизации изменений температуры доступ в помещение был ограничен. В помещении были смонтированы два охладителя (Kulma) для поддержания постоянной температуры.

Тест № 1.

Труба 32×2,9 мм Uponor Radi была изолирована вакуумными изолирующими панелями в короткой (300×313×6 мм) (труба 32 мм) и в длинной (1300×313×6 мм) версиях. Между вакуумной изолирующей панелью и сшитым полиэтиленом алюминиевый барьер отсутствовал. Трубы были помещены в испытательный стенд. Использовался встроенный водонагреватель. Температура воды была установлена на 100°C с непрерывной циркуляцией воды. Труба была изогнута с радиусом r=350 мм. Стандартная труба Ecoflex 32/140 мм допускает изгиб с радиусом до r=300 мм. Были изогнуты и короткая, и длинная вакуумные изолирующие панели. Температура регистрировалась регистратором температуры Expert L.

Тест № 2.

Труба 75×6,8 Uponor Radi с длинными вакуумными изолирующими панелями 1300×313×6 мм. Полная длина 3,9 м. Труба из сшитого полиэтилена была спирально обернута алюминиевой фольгой. Алюминиевая фольга имела толщину 0,1 мм и ширину 6700 мм. На каждом обороте имелось наложение шириной прилбл. 50-100 мм. Использовались три вакуумные изолирующие панели. Две панели были прямыми, а третья панель была изогнута с радиусом 400 мм, что является более агрессивным изгибом по сравнению со стандартной трубой Ecoflex 75/200, которую разрешается гнуть с радиусом до 700 мм.

Температура воды составляла 110°C. Для получения такой высокой температуры пришлось использовать два нагревателя, установленные параллельно. Один нагреватель был настроен на 110°C, а второй - на 105°C. Второй нагреватель пришлось установить на 105°C, поскольку защита от перегрева отключала нагреватель при 110°C. Этот нагреватель также использовался в тестах №№ 3 и 4.

Тест № 3.

Труба 32×2,9 мм Uponor Radi с длинной вакуумной изолирующей панелью 1300×313×6 мм и вспененным сшитым полиэтиленом находились внутри 90 мм внешней оболочки. Общая длина была равна 1,3 м, т.е., использовалась только одна вакуумная изолирующая панель. Температура прямой трубы регистрировалась в течение 1 недели, после чего трубу изогнули с радиусом r=300 мм, т.е. с тем же радиусом, который разрешен для трубы Ecoflex 32/140.

Тест № 4.

Труба 75×6,8 мм Uponor Radi с вакуумными изолирующими панелями внутри 140-мм внешней оболочки. Труба изготовлена в Nastola. Общая длина составляла 1,2 м. Процедура испытания была такой же, что и в тесте № 3. Трубу согнули с радиусом 200 мм, что является более агрессивным изгибом по сравнению со стандартной трубой Ecoflex 75/200, которую можно гнуть только до радиуса 700 мм. Труба при изгибе более или менее сузилась.

В случае возникновения эффекта старения, изолирующие свойства вакуумной изолирующей панели должны снизиться, что приведет к постепенному повышению температуры снаружи от вакуумной изолирующей панели, как функция времени. Одна труба подвергалась старению в течение 1 года и 1 месяца, а остальные три трубы подвергались старению в течение почти 11 месяцев. Температура была значительно выше, чем эксплуатационная температура, что ускорило старение. Следует отметить, что при таких повышенных температурах старел также и сшитый полиэтилен. Три из четырех труб старелись при 110°C. При такой температуре требуемый срок службы трубы из сшитого полиэтилена равен 1 году. Вакуумные изолирующие панели, таким образом, в этих экспериментах подвергались действительно экстенсивному старению. Результаты не дали существенных указаний на старение. Потому старение не является критическим фактором для таких вариантов применения несмотря на то, что вакуумные изолирующие панели были изогнуты в двух направлениях. Эти эксперименты не указывают на необходимость применения алюминиевой фольги для предотвращения старения.

Позиции на чертежах

- 1 - внутренняя труба из сшитого полиэтилена
- 2 - необязательный диффузионный барьер
- 3 - вакуумная изолирующая панель
- 4 - вспененный сшитый полиэтилен
- 5 - внешняя пластиковая оболочка
- 6 - подающая труба (наивысшая температура)
- 7 - возвратная труба (пониженная температура)

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Изолированная труба, содержащая по меньшей мере одну внутреннюю трубу, содержащую пластик, гибкую вакуумную изолирующую панель, окружающую по меньшей мере одну внутреннюю трубу, внешнюю оболочку, причем по меньшей мере одна внутренняя труба содержит сшитый или несшитый полиолефин, выбранный из группы, содержащей полиэтилен, полиэтилен повышенной термостойкости, полипропилен, полибутилен, сшитый полиэтилен и их смеси, причем изгибающая сила для изгиба на 90° отрезка трубы, имеющей внутреннюю трубу диаметром

от 20 до 60 мм, зажатой на расстоянии 1 м вокруг опоры, отличается менее чем на 40% по сравнению с той же трубой без вакуумной изолирующей панели,

причем изгибающая сила для изгиба на 90° отрезка трубы, имеющей внутреннюю трубу диаметром от 60 до 120 мм, зажатой на расстоянии 1 м вокруг опоры, отличается менее чем на 20% по сравнению с той же трубой без вакуумной изолирующей панели.

2. Труба по п.1, в которой по меньшей мере одна внутренняя труба предпочтительно состоит из сшитого полиэтилена.

3. Труба по одному из предшествующих пунктов, дополнительно содержащая диффузионный барьер между по меньшей мере одной внутренней трубой и гибкой вакуумной изолирующей панелью и/или содержащая диффузионный барьер, обернутый вокруг вакуумной изолирующей панели.

4. Труба по одному из предшествующих пунктов, дополнительно содержащая гибкий слой под внешней оболочкой, предпочтительно состоящий из вспененного сшитого или несшитого полиэтилена, или полиуретана.

5. Труба по одному из предшествующих пунктов, в которой сердечник вакуумной изолирующей панели содержит порошок неорганических оксидов, предпочтительно порошок диоксида кремния, более предпочтительно порошок пирогенного диоксида кремния.

6. Труба по одному из предшествующих пунктов, в которой изолированная труба содержит одну внутреннюю трубу, расположенную соосно с необязательным диффузионным барьером, вакуумной изолирующей панелью и внешней оболочкой.

7. Труба по п.6, в которой вакуумная изолирующая панель обернута вокруг внутренней трубы более чем один раз, предпочтительно два раза.

8. Труба по одному из пп.1-5, в которой изолированная труба содержит две внутренние трубы, расположенные не соосно с внешней оболочкой.

9. Труба по п.8, в которой каждая внутренняя труба окружена необязательным диффузионным барьером и вакуумной изолирующей панелью.

10. Труба по п.8, в которой только одна внутренняя труба окружена необязательным диффузионным барьером и вакуумной изолирующей панелью.

11. Труба по п.8, в которой обе внутренние трубы обернуты одной вакуумной изолирующей панелью, предпочтительно так, что внутренняя труба для транспортировки текучей среды с более высокими температурами изолирована лучше.

12. Труба по одному из предшествующих пунктов, в которой изгибающая сила для изгиба на 90° отрезка трубы, имеющей внутреннюю трубу диаметром от 20 до 60 мм, предпочтительно от 25 до 50 мм, особенно от 25 до 40 мм, зажатой на расстоянии 1 м вокруг опоры, отличается менее чем на 30% по сравнению с той же трубой без вакуумной изолирующей панели.

13. Труба по одному из предшествующих пунктов, в которой изгибающая сила для изгиба на 90° отрезка трубы, имеющей внутреннюю трубу диаметром от 60 до 120 мм, предпочтительно от 65 до 100 мм, особенно от 65 до 90 мм, зажатой на расстоянии 1 м вокруг опоры, отличается менее чем на 10% по сравнению с той же трубой без вакуумной изолирующей панели.

14. Труба по одному из предшествующих пунктов, в которой изолированная труба имеет теплопроводность λ менее 0,02 Вт/(м*К), предпочтительно менее 0,015 Вт/(м*К).

15. Труба по одному из предшествующих пунктов, в которой изолированная труба имеет линейную теплопроводность λ менее 0,08 Вт/(м*К), предпочтительно менее 0,07 Вт/(м*К).

16. Труба по одному из предшествующих пунктов, в которой изолированная труба имеет линейную теплопроводность λ , которая снижена на 60%, предпочтительно на 65% по сравнению с такой же трубой без вакуумной изолирующей панели.

17. Труба по п.8, в которой одна вакуумная изолирующая панель обернута вокруг первой внутренней трубы так, чтобы получить U-образную форму, а другая вакуумная изолирующая панель обернута вокруг первой внутренней трубы так, чтобы получить U-образную форму, при этом открытые части U-образной формы в каждом случае обращены к другой внутренней трубе.

18. Труба по одному из предшествующих пунктов, в которой вакуумная изолирующая панель имеет сердечник и оболочку, окружающую сердечник.

19. Труба по п.3, в которой сердечник вакуумной изолирующей панели содержит не плавленный, сыпучий порошковый материал.

20. Труба по п.18, в которой оболочка вакуумной изолирующей панели имеет канавки.

21. Труба по одному из предшествующих пунктов, в которой вакуумная изолирующая панель содержит фильтрующий материал.

22. Труба по п.3, в которой диффузионный барьер изготовлен из материала, содержащего, предпочтительно состоящего из материала, выбранного из группы, содержащей этиленвиниловый спирт, алюминиевую фольгу и их комбинации.

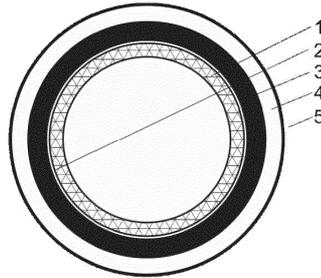
23. Труба по п.1, в которой по меньшей мере одна внутренняя труба содержит приблизительно 5% PE в молекулярной цепочке статистического сополимера полипропилена.

24. Труба по п.1, в которой изгибающая сила для изгиба на 90° отрезка трубы, имеющей внутрен-

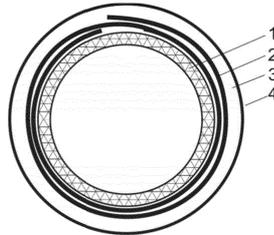
ную трубу диаметром от 25 до 50 мм, предпочтительно от 25 до 40 мм, зажатой на расстоянии 1 м вокруг опоры, отличается менее чем на 40%, более предпочтительно менее чем на 30% по сравнению с той же трубой без вакуумной изолирующей панели.

25. Труба по п.1, в которой изгибающая сила для изгиба на 90° отрезка трубы, имеющей внутреннюю трубу диаметром от 20 до 60 мм, предпочтительно от 25 до 50 мм, особенно от 25 до 40 мм, зажатой на расстоянии 1 м вокруг опоры, отличается менее чем на 30% по сравнению с той же трубой без вакуумной изолирующей панели,

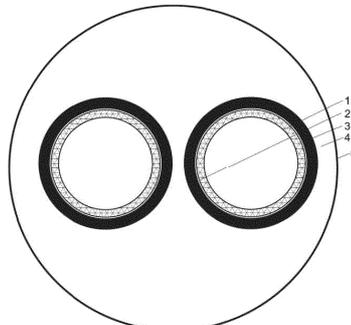
26. Труба по п.1, в которой изгибающая сила для изгиба на 90° отрезка трубы, имеющей внутреннюю трубу диаметром, предпочтительно от 65 до 100 мм, более предпочтительно от 65 до 90 мм, зажатой на расстоянии 1 м вокруг опоры, отличается менее чем на 20% по сравнению с той же трубой без вакуумной изолирующей панели.



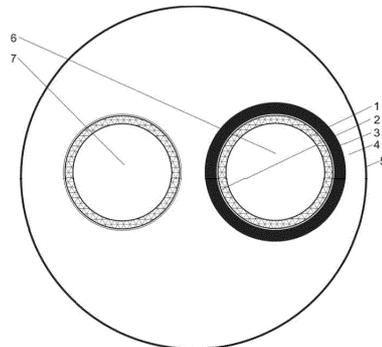
Фиг. 1



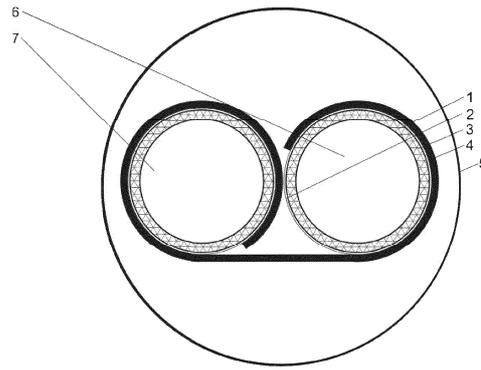
Фиг. 2



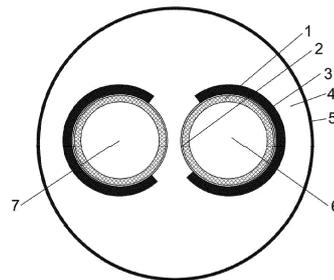
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6