

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **047749**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2024.09.04

(21) Номер заявки
202490429

(22) Дата подачи заявки
2021.08.09

(51) Int. Cl. **F16L 9/12** (2006.01)
B32B 7/12 (2006.01)
F16L 11/04 (2006.01)
F16L 9/128 (2006.01)

(54) **ТРУБА ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ТЕКУЧЕЙ СРЕДЫ, ИЗОЛИРОВАННАЯ ТРУБА, СОДЕРЖАЩАЯ ТАКУЮ ТРУБУ, И СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТРУБЫ**

(43) **2024.04.05**

(86) **PCT/EP2021/072166**

(87) **WO 2023/016624 2023.02.16**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
БРУГГ РОРЗЮСТЕМ АГ (CH)

(56) CH-A5-680815
US-B1-6179008
EP-A1-2574833
WO-A2-2009013567

(72) Изобретатель:
**Лях Ярослав (CH), Шиндлер Зив,
Грюнер Эял (IL)**

(74) Представитель:
Фелицына С.Б. (RU)

(57) Изобретение относится к трубе (P) для транспортирования текучей среды (8), содержащей самую внутреннюю полимерную трубу (1) для транспортирования текучей среды (8), защитный слой (3) от диффузии текучей среды, окружающий полимерную трубу (1), причем защитный слой (3) от диффузии текучей среды соединен с полимерной трубой (1) с помощью первого клеевого слоя (2), усиливающий слой (5), окружающий защитный слой (3) от диффузии текучей среды. Усиливающий слой (5) содержит переплетенные волокна (N) и соединен с защитным слоем (3) от диффузии текучей среды с помощью второго клеевого слоя (4). Труба также содержит самую наружную полимерную оболочку (7), окружающую усиливающий слой (5), которая соединена с усиливающим слоем (5) с помощью третьего клеевого слоя (6). По первому аспекту изобретения третий клеевой слой (6) и/или второй клеевой слой (4) выполнены/выполнен с возможностью приклеивания к переплетенным волокнам (N) усиливающего слоя (5). По второму аспекту изобретения дополнительные продольные волокна (N_{α}) используются в усиливающем слое для балансирования осевой и радиальной составляющих усилия, действующих на волокна из-за давления текучей среды. Третий аспект изобретения относится к изолированной трубе для транспортирования текучей среды, и четвертый аспект изобретения относится к способу изготовления трубы для транспортирования текучей среды.

B1

047749

047749

B1

Область техники

Настоящее изобретение относится к трубе для транспортирования текучей среды, к изолированной трубе, в частности, для центрального отопления, содержащей такую трубу для транспортирования текучей среды, и к способу изготовления трубы для транспортирования текучей среды по соответствующему независимому пункту формулы изобретения.

Уровень техники

Трубы для транспортирования текучей среды широко известны в различных областях, например, в секторе центрального отопления. Такие трубы во многих случаях являются многослойными трубами, которые должны удовлетворять ряду требований в зависимости от назначения трубы и транспортируемой текучей среды. В частности, такие требования включают в себя сопротивление высоким давлениям, действующим на стенки трубы, и трубы должны выдерживать высокие температуры транспортируемой среды, что, имеет место, например, в секторе центрального отопления.

В настоящее время такие трубы часто представляют собой гибкие полимерные трубы, большей частью изготавливаемые из сшитого полиэтилена (РЕХ), что обуславливает относительно несложное изготовление длинных сегментов труб и, благодаря их гибкости, несложный монтаж посредством разматывания с катушки или барабана. В частности, в секторе центрального отопления несложный монтаж является главным требованием, что обусловлено очень большими расстояниями, на которые прокладываются такие трубы. Несмотря на то, что РЕХ удовлетворяет этому аспекту, он имеет ограничение, состоящее в том, что он недостаточно стойкий к воздействию высоких температур приблизительно 95°C - 110°C, обуславливая размягчение стенок трубы и, соответственно, потерю сопротивления высоким давлениям (расчетным давлениям).

Кроме того, во многих случаях эти трубы входят в состав изолированных труб в качестве так называемых труб для среды, которые окружены изолирующим материалом, как правило, отверждаемой пеной, который сам окружен прочной наружной оболочкой, защищающей трубу от внешней среды. Это создает проблему, состоящую в том, что РЕХ-материал трубы для среды подвергается диффузии различных элементов и соединений, например, кислорода, в трубу для среды. Указанная диффузия является нежелательной, поскольку она, к примеру, может вызывать увеличенную коррозию металлических деталей, присутствующих в водяном контуре. Также известно, что кислород вызывает окислительную деструкцию РЕХ-труб, тем самым обуславливая со временем разрушение трубы. Кроме того, РЕХ-материал трубы для среды подвергается диффузии водяного пара наружу трубы для среды, что может оказывать отрицательное воздействие на изолирующие свойства изолирующего материала, который, как правило, является полиуретановой (PUR) пеной.

Исходные обходные решения для повышения прочности трубы для среды только за счет проектирования стенки трубы большой толщины не устраняют последнюю проблему и обуславливают значительно больший расход материала. Соответственно, существует тенденция к проектированию труб для среды со слоистыми стенками, различные слои которых предназначены для решения различных проблем. Например, для сведения к минимуму проблем с диффузией был внедрен слой, выполненный из сополимера этилена и винилового спирта (ЕVОН), который, помимо прочего, действует как хороший защитный барьер от кислорода.

Для решения ранее упомянутой проблемы с давлением в документе EP 2574833 предлагается использовать слоистую трубу, которая содержит усиливающий слой, состоящий из переплетенных волокон, выбранных из прочных материалов, например, арамидных волокон. Несмотря на то, что указанная слоистая труба обеспечивает надлежащее сопротивление определенному давлению и в то же время, благодаря использованию защитного слоя, действует как хороший защитный барьер от диффузии текучей среды, она также имеет определенные недостатки. Первый недостаток происходит из того, что усилие, которое должен выдерживать усиливающий материал, действует как в продольном (осевом) направлении трубы, так и в радиальном направлении. Желательно, чтобы волокна обеспечивали усиление в обоих направлениях равным надежным образом. В документе WO 2009/013567 приводится описание способа расчета схемы расположения переплетенных волокон, образующих усиливающий слой, так чтобы обеспечить усиление в обоих направлениях для заданного расчетного давления. Переплетенные волокна расположены под определенным заданным углом относительно продольной оси трубы для среды, соответственно именуемым углом равновесия, причем при использовании заданного угла равновесия равновесие между сопротивлением волокон радиальной и осевой составляющим усилия в результате давления, является равным. Заданный угол определяет давление. Однако трубы для среды могут изготавливаться различных размеров (например, от 40 мм до 160 мм), и расчетное давление, которое должна выдерживать труба, может варьироваться (как правило, от 15 бар до 20 бар). Поскольку указанное решение относится к определенным постоянным параметрам, оно имеет недостаток, состоящий в том, что варьирование одного или нескольких параметров обуславливает несбалансированное сопротивление радиальным и осевым нагрузкам на волокно из-за давления, т.е. радиальное усиление может увеличиваться за счет низкого сопротивления составляющей осевого усилия, действующего на волокно из-за давления. Это означает понижение результирующего разрывного давления трубы, которое определяется низкой составляющей из радиальной и осевой составляющих усилия.

Еще одним требованием к такой трубе для среды является то, что труба не должна поддаваться воздействию изменений температур и воздействию механической нагрузки, что обычно имеет место в рассматриваемой области использования из-за влияния окружающей среды. Для выполнения этого требования в документе ЕР 2574833 предлагается заключить усиливающий слой между барьерным слоем и наружным защитным слоем, используя клеевой слой, который, с одной стороны, связывает защитный слой с барьерным слоем и, с другой стороны, не связывает волокна усиливающего слоя, что позволяет волокнам до определенной степени перемещаться относительно остальной части тела трубы при таких изменениях температуры или механической нагрузки.

Раскрытие сущности изобретения

Таким образом, общая задача настоящего изобретения состоит в том, чтобы предложить трубу для транспортирования текучей среды, которая по меньшей мере сводит к минимуму вышеуказанные проблемы. В частности, задача изобретения состоит в том, чтобы предложить трубу с улучшенными техническими характеристиками, увеличенным сроком эксплуатации и более надежную с точки зрения изменения рабочих параметров и воздействия окружающей среды.

Для решения этих и других задач настоящего изобретения, которые нетрудно понять из нижеприведенного описания, по первому аспекту изобретения труба содержит самую внутреннюю полимерную трубу для транспортирования текучей среды, защитный слой от диффузии текучей среды, окружающий полимерную трубу, усиливающий слой, окружающий защитный слой от диффузии текучей среды, и самую наружную полимерную оболочку, окружающую усиливающий слой. Защитный слой от диффузии текучей среды соединен с полимерной трубой с помощью первого клеевого слоя. Усиливающий слой содержит переплетенные волокна, обеспечивающее осевое и радиальное усиление трубы, и соединен с защитным слоем от диффузии текучей среды с помощью второго клеевого слоя. Полимерная оболочка соединена с усиливающим слоем с помощью третьего клеевого слоя. Третий клеевой слой и/или второй клеевой слой выполнены/выполнен с возможностью приклеивания к переплетенным волокнам усиливающего слоя.

Поскольку проектирование переплетенных волокон, которые могут перемещаться между защитным слоем и защитным слоем от диффузии текучей среды, может вызывать определенные изменения размеров трубы, например, из-за растяжения, такое перемещение может обуславливать трение с соседними волокнами и, соответственно, повреждение защитного слоя от диффузии текучей среды и/или второго или третьего клеевого слоя, тем самым, ослабляя трубу в целом, в частности, когда переплетенные волокна выполнены из высокопрочных материалов, таких как арамид, который заведомо имеет высокую стойкость к истиранию. Другим недостатком проектирования переплетенных волокон, которые могут перемещаться между защитным слоем и защитным слоем от диффузии текучей среды, является то, что переплетенные волокна могут только до определенной степени воспринимать давления, исходящие от трубы для среды, если это вообще происходит, поскольку они не образуют жесткое соединение с прилегающими слоями. Соответственно, настоящее изобретение внедряет другой подход, заключающийся в креплении переплетенных волокон и не позволяющий им перемещаться. Поскольку такие волокна очень упругие, они выдерживают указанные изменения окружающей среды, исключая опасность повреждения соседних волокон из-за истирания. Соответственно, критерий выбора третьего клеевого слоя, который также соединяет волокна, обуславливает создание очень прочного объекта, что увеличивает продолжительность эксплуатации трубы в целом.

По второму аспекту изобретения труба для транспортирования текучей среды содержит по меньшей мере самую внутреннюю полимерную трубу для транспортирования текучей среды, защитный слой от диффузии текучей среды, окружающий полимерную трубу, усиливающий слой, окружающий защитный слой от диффузии текучей среды, и самую наружную полимерную оболочку, окружающую усиливающий слой. Защитный слой от диффузии текучей среды соединен с полимерной трубой с помощью первого клеевого слоя. Усиливающий слой содержит переплетенные волокна, обеспечивающее осевое и радиальное усиление трубы, и соединен с защитным слоем от диффузии текучей среды с помощью второго клеевого слоя. Полимерная оболочка соединена с усиливающим слоем с помощью третьего клеевого слоя.

Переплетенные волокна, образующие сетку в каждом направлении, расположены под углом α относительно продольной оси непараллельно сечению трубы и непараллельно продольной оси трубы. Угол α определяется по формуле (I)

$$P = \frac{2N \sin^2 \alpha}{\pi D^2 \cos \alpha} \frac{R}{\left(1 + \frac{\epsilon}{100}\right)^2} \dots (I)$$

где N - общее количество переплетенных волокон;

P - расчетное разрывное давление;

R - максимальная нагрузка на переплетенное волокно в ньютонах;

D - наружный диаметр самой внутренней полимерной трубы;

ϵ - удлинение переплетенного волокна при разрыве.

Усиливающий слой содержит некоторое количество N_α дополнительных продольных волокон, которые ориентированы параллельно продольной оси трубы. Количество N_α продольных волокон рассчитывается по формуле (II)

$$N_\alpha \geq (0.5 N \sin \alpha \tan \alpha - N \cos \alpha) \frac{\frac{R}{\left(1 + \frac{\epsilon}{100}\right)^2}}{\frac{R_\alpha}{\left(1 + \frac{\epsilon_\alpha}{100}\right)^2}} \dots \text{(II)}$$

где ϵ_α - удлинение продольного волокна при разрыве и
 R_α - максимальная нагрузка на продольное волокно в ньютонах.

Благодаря использованию дополнительных продольных волокон трубу можно проектировать более гибким образом применительно к требуемому расчетному давлению, в то же самое время поддерживая равновесие между осевой и радиальной составляющими усилия. Другими словами, как в радиальном, так и в осевом направлениях достигается одинаковая степень усиления, даже если заданные расчетные давления для различных труб неодинаковые. Таким образом, увеличивается общая прочность трубы.

Третий аспект изобретения относится к изолированной трубе для транспортирования текучей среды, в частности, нагретой воды для центрального отопления. Изолированная труба содержит трубу по первому или второму аспекту изобретения, используемую в качестве трубы для среды для транспортирования текучей среды, в частности, горячей воды, теплоизолирующий слой, окружающий самую наружную полимерную оболочку указанной трубы, и наружную оболочку, окружающую теплоизолирующий слой.

Изолированная труба имеет преимущества трубы по первому или второму аспекту изобретения.

Четвертый аспект изобретения относится к способу изготовления трубы по первому или второму аспекту изобретения. Способ включает в себя следующие этапы:

- a) экструзия самой внутренней полимерной трубы,
- b) нанесение первого клеевого слоя на самую внутреннюю полимерную трубу,
- c) нанесение защитного слоя от диффузии текучей среды на первый клеевой слой,
- d) нанесение второго клеевого слоя на защитный слой от диффузии текучей среды,
- e) нанесение усиливающего слоя на второй клеевой слой,
- f) нанесение третьего клеевого слоя на усиливающий слой, и
- g) экструзия самого наружной полимерной оболочки на третий клеевой слой.

Краткое описание чертежей

Изобретение и предметы изобретения, помимо описанных выше, станут более понятными из нижеприведенного подробного описания со ссылкой на приложенные чертежи, на которых:

- фиг. 1 - перспективный вид в разрезе трубы по первому или второму аспекту изобретения;
- фиг. 2 - место из фиг. 1, где показан усиливающий слой;
- фиг. 3 - детальный вид сбоку секции усиливающего слоя;
- фиг. 4 - изолированная труба по третьему аспекту изобретения.

Осуществление изобретения

В последующем описании термины "труба" или "труба для среды" являются эквивалентными и относятся к первому и второму аспектам изобретения, в то время как выражение "изолированная труба" относится к третьему аспекту изобретения.

По всему объему описания предполагается, что различные варианты выполнения трубы относятся как к первому, так и ко второму аспекту изобретения, если не указано иное.

По всему объему описания термин "слой" используется в качестве вышестоящего термина для слоев трубы или изолированной трубы. В отличие от этого термин "подслой" относится к ламинированной структуре или сэндвич-структуре одного слоя.

Выражение "текучая среда", используемое в настоящем документе, распространяется на жидкие и газообразные соединения, в то время как термин "жидкость" относится только к жидким соединениям. В целях описания, к примеру, используется вода, но следует принять во внимание, что изобретение распространяется на ряд других текучих сред, например, минеральное масло.

В настоящем контексте выражение "переплетенные волокна" относится только к продолжающимся по окружности волокнам, в то время как выражение "продольные волокна" относится к волокнам, которые параллельны продольной оси трубы, несмотря на то, что в вариантах выполнения продольные волокна также могут быть переплетены в виде указанных переплетенных волокон.

В контексте настоящего описания термин "давление" относится к давлению, которое, в общем, является переменной величиной. Выражение "расчетное давление" относится к максимальному давлению, которое должны выдерживать соответственно волокна или труба при нормальной эксплуатации в течение всего срока службы трубы. Выражение "разрывное давление" относится к максимальному давлению, которое должны выдерживать соответственно волокна или труба, т.е. давлению выше расчетного давле-

ния в течение установленного периода времени. Выражение "расчетное разрывное давление" относится к требуемому разрывному давлению, которое должны выдерживать соответственно волокна или труба в течение установленного периода времени. Расчетное разрывное давление определяется как расчетное давление, умноженное на соответствующие коэффициент запаса прочности и расчетный коэффициент.

Со ссылкой на фиг. 1 труба содержит упомянутую самую внутреннюю полимерную трубу 1 для транспортирования текучей среды, защитный слой 3 от диффузии текучей среды, окружающий полимерную трубу, усиливающий слой 5, окружающий защитный слой 3 от диффузии текучей среды, и самую наружную полимерную оболочку 7, окружающую усиливающий слой.

Ниже приводится описание полимерной трубы 1 и слоев 3, 5 и 7 и затем описание того, как соединяются указанные слои. Далее приводится подробное описание усиливающего слоя 5.

Полимерная труба 1 предпочтительно является РЕХ-трубой (трубой из сшитого полиэтилена) или РЕ-РТ-трубой, где РЕ-РТ обозначает полиэтилен с повышенным температурным сопротивлением. РЕХ хорошо известен специалистам и не будет описан подробно. РЕ-РТ известен и, к примеру, описан на сайте <https://plasticpipe.org/building-construction/bcd-pe-rt.html>. Однако полимерная труба 1 также может изготавливаться, помимо прочего, из полибутилена (PB) или поликетона.

В варианте выполнения защитный слой 3 от диффузии текучей среды изготавливается из термопластического материала, пригодного для ограничения диффузии по меньшей мере одной из текучих сред, к которым относятся кислород, пентан, CO₂, НFO, снаружи в самую внутреннюю полимерную трубу и для ограничения диффузии по меньшей мере водяного пара изнутри самой внутренней полимерной трубы наружу защитного слоя от диффузии текучей среды. В этом варианте выполнения предпочтительным термопластическим материалом является EVOH или алифатический поликетон.

В другом варианте выполнения защитный слой от диффузии текучей среды содержит металл, изготовленный с возможностью остановки диффузии по меньшей мере одной из текучих сред, к которым относятся кислород, пентан, CO₂, НFO, снаружи в самую внутреннюю полимерную трубу и для остановки диффузии по меньшей мере водяного пара изнутри самой внутренней полимерной трубы наружу защитного слоя от диффузии текучей среды. В этом случае предпочтительным металлом является алюминий.

Несмотря на то, что использование термопластического материала является преимуществом с учетом стоимости материалов и изготовления, указанное использование имеет недостаток, состоящий в том, что такой материал может разрушаться при высоких температурах воды, транспортируемой по полимерной трубе. С другой стороны, алюминий имеет преимущество, состоящее в том, что он не поддается воздействию высоких температур и блокирует диффузию, так что указанные текучие среды совсем не проходят через защитный слой. Кроме того, алюминий не разрушается с течением времени в отличие от термопластических материалов. И, наконец, процесс изготовления алюминия менее сложный. В отличие от этого известные термопластические материалы, которые могут использоваться в качестве защитного слоя от диффузии текучей среды, изготавливаются с помощью более сложного процесса, причем параметры процесса должны тщательно регулироваться. Перед использованием такие материалы должны полностью высушиваться, и они требуют специальных условий хранения для предотвращения разрушения. По этим причинам использование алюминия в качестве защитного слоя 3 от диффузии текучей среды является предпочтительным вариантом настоящего изобретения.

При использовании алюминия в качестве основного материала в качестве защитного слоя от диффузии текучей среды этот слой может иметь различные структуры. В первой структуре могут использоваться один слой из алюминиевого сплава или несколько подслоев из алюминия. Слой из алюминиевого сплава или многочисленные подслои из алюминиевого сплава используются, если толщина каждого слоя больше 0,1 мм. Это связано с тем, что тонкие слои Al сложно наносить, поскольку существует опасность, что они могут порваться во время в процессе нанесения. Доказано, что слои толщиной больше 0,1 мм являются достаточно прочными для надежного нанесения на полимерную трубу 1.

Во второй структуре, которая относится к многочисленным вариантам, сам защитный слой 3 от диффузии текучей среды может состоять из многочисленных подслоев, которые также могут содержать полимерные подслои помимо слоев из алюминиевого сплава. Здесь преимущество состоит в том, что в таких ламинированных защитных слоях от диффузии текучей среды толщина каждого подслоя из Al может быть меньше благодаря дополнительной устойчивости, обеспечиваемой полимерными подслоями. Таким образом, может быть сбережен алюминий, для изготовления которого, как известно, требуется высокий расход энергии. Из предпочтительных вариантов ниже будут перечислены варианты ламинированного слоя, если смотреть в радиальном наружном направлении от продольной оси трубы. Следует отметить, что выбор ламинированного защитного слоя от диффузии текучей среды не ограничивается до указанных вариантов. Следует отметить, что для производства многослойного защитного слоя от диффузии текучей среды может использоваться любая пригодная технология помимо ламинирования. Указанные варианты многослойной (многослойной) структуры включают в себя:

- 1) алюминиевый подслой и полимерный подслой;
- 2) первый алюминиевый подслой, полимерный подслой, второй алюминиевый подслой, клеевой подслой;
- 3) алюминиевый подслой, полимерный подслой, клеевой подслой;

- 4) клеевой подслою, алюминиевый подслою, полимерный подслою;
- 5) первый клеевой подслою, алюминиевый подслою, полимерный подслою, второй клеевой подслою, причем, в частности, первый клеевой подслою и второй клеевой подслою состоят из одного и того же материала;
- 6) первый клеевой подслою, алюминиевый подслою, полимерный подслою, второй алюминиевый подслою, второй клеевой подслою;
- 7) по меньшей мере, два алюминиевых подслоя.

Несмотря на то, что фольги с подслоями по вышеперечисленным вариантам, содержащие полимерные слои, могут быть получены в виде уже предварительно изготовленных фольг, в других вариантах выполнения такие фольги для защитного слоя от диффузии текучей среды также могут изготавливаться по мере надобности. Например, они могут изготавливаться с помощью нанесения покрытия экструзией. Этот процесс, к примеру, описан на сайте https://en.wikipedia.org/wiki/Extrusion_coating. Другим способом изготовления таких фольг является ламинирование подслоев. Этот процесс, к примеру, описан на сайте <https://en.wikipedia.org/wiki/lamination>.

Предпочтительно, чтобы во всех вариантах, содержащих полимерный подслою, указанный полимерный подслою был РЕТ-подслоем или РЕ-подслоем.

В случае, когда защитный слой от диффузии текучей среды содержит многочисленные подслою, толщина каждого алюминиевого подслоя предпочтительно составляет 0,005 - 0,2 мм, наиболее предпочтительно 0,025 мм. Например, в варианте 3) алюминиевый подслою имеет толщину 0,025 мм, полимерный подслою (например, РЕХ) имеет толщину 0,012 мм, и клеевой подслою имеет толщину 0,025 мм.

Преимущество использования ламинированного слоя состоит в том, что защитный слой от диффузии текучей среды может быть сделан еще более прочным по сравнению со структурой, в которой используется только слой А1. Если сравнивать со структурой, в которой используются многочисленные подслою А1, структура с ламинированным защитным слоем от диффузии текучей среды имеет преимущество, так что ламинированный слой может быть предварительно изготовлен и нанесен на одном этапе, в то время как многочисленные подслою А1 должны наноситься на одном этапе в расчете на подслою, тем самым делая процесс изготовления более сложным.

В еще одном варианте выполнения существует возможность нанесения многочисленных ламинированных защитных слоев для защиты от диффузии, причем все указанные ламинированные слои могут иметь одинаковую структуру применительно к одному из вышеуказанных вариантов, или каждый из указанных ламинированных слоев может иметь отличия в объеме вышеуказанных вариантов.

По первому аспекту изобретения усиливающий слой содержит нанесенные по окружности переплетенные волокна N, которые образуют схему волокон. По второму аспекту изобретения усиливающий слой содержит вышеупомянутые переплетенные волокна N и дополнительные продольные волокна N_α. Переплетенные волокна N предпочтительно выбираются из группы, включающей в себя нейлон, графит, сверхвысокомолекулярный полиэтилен (UHMWP), GF, арамид, параарамид, метаарамид, стекловолокна или какую-либо их комбинацию. Однако также могут использоваться другие волокна, имеющие конкретную требуемую прочность для процессов выполнения определенных операций.

Полимерная оболочка 7 предпочтительно содержит полиолефин. В определенных случаях, например, если труба используется сама по себе без других наружных слоев, например, без объединения с изолированной трубой по третьему аспекту изобретения, полимерная оболочка предпочтительно может дополнительно содержать волокна, в частности, стекловолокна или графитовые волокна или их комбинацию. Такие волокна повышают прочность полимерной оболочки, если полимерная оболочка подвергается прямому воздействию окружающей среды.

Полимерная труба 1 соединена (приклеена) с защитным слоем 3 от диффузии текучей среды с помощью первого клеевого слоя 2. Защитный слой 3 от диффузии текучей среды соединен (приклеен) с усиливающим слоем 5 с помощью второго клеевого слоя 4. Усиливающий слой 5 соединен (приклеен) с полимерной оболочкой 7 с помощью третьего клеевого слоя 6.

Как упомянуто выше, по первому аспекту изобретения третий клеевой слой 6 и/или второй клеевой слой 4 выполнены/выполнен с возможностью приклеивания к переплетенным волокнам N и, исходя из конкретной ситуации, к продольным волокнам N_α усиливающего слоя 5. Это при необходимости также относится к трубе по второму аспекту изобретения. Кроме того, третий клеевой слой и/или второй клеевой слой при необходимости выполнены/выполнен с возможностью выступления между переплетенными волокнами, так что второй клеевой слой и третий клеевой слой приклеиваются друг к другу. В частности, они тем самым образуют композиционный материал, так что переплетенные волокна фиксируются между вторым клеевым слоем и третьим клеевым слоем. Такое соединение двух клеевых слоев через ячейки усиливающего слоя создает преимущество, поскольку оно обеспечивает дополнительное крепление переплетенных волокон между вторым и третьим клеевыми слоями, т.е. переплетенные волокна заключаются в оболочку между двумя клеевыми слоями, а не только соединяются с одним из клеевых слоев.

Другим преимуществом крепления переплетенных волокон N и, исходя из конкретной ситуации, продольных волокон N_α между защитным слоем от диффузии текучей среды и полимерной оболочкой

является то, что оно противодействует так называемому эффекту "вылезания". Это означает, что переплетенные волокна при определенных обстоятельствах могут выступать за пределы трубы на ее концах в результате небольших изменений длины из-за воздействия окружающей среды, например, из-за температурных изменений. Такое вылезание является нежелательным, поскольку оно обуславливает проблемы во время соединения секций трубы друг с другом и делает процесс соединения более сложным с восприимчивостью секций трубы к поломкам.

Для упрощения соединения между вторым и третьим клеевыми слоями для обоих слоев предпочтительно выбирают один и тот же материал клея. Также предпочтительно, чтобы первый клеевой слой также состоял из такого же материала, как и два других клеевых слоя. Разумеется, в других вариантах выполнения материалы клея могут различаться. В частности, первый клеевой слой можно выбирать таким образом, чтобы он отличался от второго и третьего клеевых слоев, поскольку он должен удовлетворять только требованию к надежному приклеиванию полимерной трубки к защитному слою от диффузии. Выбранный материал может варьироваться в зависимости от выбора материала защитного слоя от диффузии, т.е., содержит или защитный слой от диффузии EVON или алюминий. В случае использования ламинированного материала для защитного слоя от диффузии, как описано выше, первый клеевой слой также может варьироваться в зависимости от состава последнего подслоя, обращенного к полимерной трубе, который может быть или алюминием или клеевым подслоем. Со ссылкой на варианты для второй структуры защитного слоя от диффузии первый клеевой слой может быть идентичен клеевому подслою варианта 4) или первому клеевому подслою вариантов 5) и 6). Это исключает этап нанесения дополнительного первого клеевого слоя.

Второй и третий клеевые слои также можно выбирать таким образом, чтобы они отличались друг от друга, при условии, что они имеют способность к склеиванию друг с другом.

Предпочтительным материалом для клеевых слоев является клей на основе полиолефина, отверждаемый малеиновым ангидридом, в частности, клей на основе сополимера полипропилена, отверждаемый малеиновым ангидридом. Другим предпочтительным материалом является эпоксидный клей или полиуретановый клей. Также могут использоваться клеи других типов, если они обеспечивают требуемую прочность соединения.

На фиг. 2 детально показан усиливающий слой из фиг. 1 с переплетенными волокнами N и, в качестве примера, с дополнительными продольными волокнами N_{α} .

В зависимости от применения, в частности, от расчетного давления, которое, как предполагается, будет воздействовать на трубу, усиливающий слой также может состоять из множественных подслоев, причем каждый подслоем может состоять из переплетенных волокон и/или дополнительных продольных волокон N_{α} . Однако доказано, что один слой переплетенных волокон является достаточным для широкого диапазона заданных давлений, что подробно описано ниже со ссылкой на фиг. 3.

На фиг. 3 детально показан вид сбоку секции усиливающего слоя. Символ D обозначает наружный диаметр самой внутренней полимерной трубы. Для упрощения чертежа защитный слой 3 от диффузии текучей среды не показан. Однако с целью расчета в настоящем документе диаметр D1 защитного слоя от диффузии текучей среды также мог бы использоваться, поскольку различие диаметров является пренебрежимо малым. На фиг. 3 символ x обозначает продольную ось трубы P, и символ r обозначает радиальную ось трубы P. Символ N относится к переплетенным волокнам, и символ N_{α} относится к дополнительным продольным волокнам, которые ориентированы параллельно продольной оси трубы.

Как можно видеть на фигуре, переплетенные волокна N, образующие сетку в каждом направлении, расположены под углом α относительно продольной оси непараллельно сечению трубы и непараллельно продольной оси трубы.

В вариантах выполнения переплетенные волокна имеют величину DTEX, отличающуюся от величины DTEX продольных волокон. Величина DTEX (децитекс) является величиной в граммах на 10000 метров пряжи и является прямым показателем линейной плотности волокна. Это известно специалистам в рассматриваемой области. Преимуществом использования отличающихся величин DTEX для переплетенных волокон и продольных волокон является большая гибкость в структуре для требуемых параметров трубы и оптимизации расходов на материалы и изготовление.

Угол α вычисляется по формуле (I), упомянутой в начале описания в контексте второго аспекта изобретения. Однако последующее описание этой и других формул также относится к вариантам выполнения по первому аспекту изобретения. Соответственно, то же самое относится к определенному количеству дополнительных продольных волокон, которое вычисляется по формуле (II). Для удобства формула (I) повторяется ниже

$$P = \frac{2N \sin^2 \alpha}{\pi D^2 \cos \alpha} \frac{R}{\left(1 + \frac{\epsilon}{100}\right)^2} \dots (I)$$

где N - общее количество переплетенных волокон;
P - расчетное разрывное давление;

R - максимальная нагрузка на переплетенное волокно в ньютонах;

D - наружный диаметр самой внутренней полимерной трубы;

€ - удлинение переплетенного волокна при разрыве.

Удлинение при разрыве является характеристикой волокна и описывает отношение между измененной длиной и исходной длиной после разрушения в процентах. Удлинение при разрыве и максимальная нагрузка зависят от величины DTEX волокна.

Количество переплетенных волокон зависит от количества нитеводителей для волокон в машине, которая укладывает волокна, например, оплеточной машине, и количества волокон, расположенных параллельно на каждой бобине машины, число которых составляет, например от 1 до 4. В зависимости от оплеточной машины количество переплетенных волокон может, например, равняться 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168 или 192.

Со ссылкой на существующий уровень техники, упомянутый в начале описания, расчет, используемый для определенного количества переплетенных волокон, выполняется, исходя из того, что так называемый угол равновесия составляет $54^{\circ}44''$. Необходимое расчетное разрывное давление и диаметр D задаются. Таким образом, параметры N, R, € могут регулироваться для достижения максимально возможного одинакового сопротивления радиальной и осевой составляющих усилия. В отличие от этого, в настоящем изобретении угол α также рассматривается как переменная величина. В первом варианте угол α выбирается таким образом, чтобы он был больше указанного угла равновесия, тем самым обеспечивая большую гибкость выбора других переменных параметров N, R, €. Во втором варианте угол α рассчитывается в зависимости от указанных других переменных параметров. Другими словами, один или несколько параметров из формулы (I) могут адаптироваться таким образом, чтобы угол α был больше угла равновесия, равного $54^{\circ}44''$. Оба варианта позволяют проектировать трубу R таким образом, чтобы она была максимально сбалансирована по отношению к ее сопротивлению радиальной и осевой составляющим усилия в волокнах, что обусловлено давлением, для варьирования расчетных разрывных давлений. Было установлено, что таким путем достигается лучший баланс по сравнению с техническим решением из упомянутого существующего уровня техники, что позволяет увеличить сопротивление радиальной составляющей усилия за счет сопротивления осевой составляющей усилия и наоборот. Для компенсации остающегося дисбаланса по отношению к радиальной и осевой составляющим усилия используются дополнительные продольные волокна. Благодаря использованию рассчитанных или выбранных угла α и параметров R, € в формуле (II) вычисляют количество N_{α} дополнительных продольных волокон, необходимое для компенсации указанного оставшегося дисбаланса. В целях полноты изложения материала формула (II) получена из нижеприведенной формулы (IV), которая отображает дисбаланс между максимальными осевой и радиальной составляющими усилия, что обусловлено давлением

$$\Delta P_{fr} = \frac{2N}{\pi D^2} R' (\sin \alpha \tan \alpha - 2(\cos \alpha + N_{\alpha}/N)) \dots (IV)$$

где ΔP_{fr} - разница между разрывным давлением, вычисленным по радиальной составляющей усилия в волокнах, и разрывным давлением, вычисленным по осевой составляющей усилия в волокнах. В силу вышесказанного формула (II) получена из установленного значения $\Delta P_{fr}=0$, что отображает задачу обеспечения баланса максимальных радиальной и осевой составляющих усилия. В случае, когда продольные волокна не используются (и, таким образом, $N_{\alpha}=0$), получают известный из существующего уровня техники вышеуказанный угол равновесия, равный $54^{\circ}44''$, что является необходимым для удовлетворения равенства $\Delta P_{fr}=0$.

Используя формулу (IV) с $N_{\alpha}=0$ и варьируя угол α , можно найти, какой тип дисбаланса усилий будет получен, т.е. какая максимальная составляющая усилия будет ниже, и, тем самым, будет определять разрывное давление, прикладываемое к трубе.

Если $\alpha > 54^{\circ}44''$, радиальная составляющая усилия увеличивается, и осевая составляющая усилия уменьшается. Более низкое осевое усилие можно компенсировать (чтобы достичь, по существу, $\Delta P_{fr}=0$) благодаря использованию определенного количества N_{α} продольных волокон, рассчитываемого по формуле (II).

Если $\alpha < 54^{\circ}44''$, осевая составляющая усилия увеличивается, и радиальная составляющая усилия уменьшается. Более низкое радиальное усилие можно компенсировать (чтобы достичь, по существу, $\Delta P_{fr}=0$), например, посредством использования второго дополнительного подслоя переплетенных волокон или выбора более прочных переплетенных волокон для усиливающего слоя.

Таким образом, общее количество N_{α} дополнительных продольных волокон расположено с возможностью уравнивания степени усиления по отношению к усилиям, действующим на трубу в радиальном направлении и в продольном направлении трубы R, тем самым допуская более высокое расчетное разрывное давление по сравнению с разрывным давлением, когда угол равновесия составляет $54^{\circ}44''$. Следует отметить, что количества N, N_{α} , $N_{\alpha 1}$, $N_{\alpha 2}$ должны быть целыми числами. Следовательно, в случае, когда формулы, представленные в настоящем документе, не дают целого числа, соответствующее количество волокон округляется до следующего целого числа.

В вариантах выполнения продольные волокна содержат некоторое количество $N_{\alpha 1}$ первых продольных волокон с первой величиной DTEX и некоторое количество $N_{\alpha 2}$ вторых продольных волокон со второй величиной DTEX. Первые продольные волокна и вторые продольные волокна расположены поочередно. Общее количество продольных волокон определяется по формуле (III)

$$N_{\alpha 1} \frac{R_{\alpha 1}}{\left(1 + \frac{\epsilon_{\alpha 1}}{100}\right)^2} + N_{\alpha 2} \frac{R_{\alpha 2}}{\left(1 + \frac{\epsilon_{\alpha 2}}{100}\right)^2} \geq N_{\alpha} \frac{R_{\alpha}}{\left(1 + \frac{\epsilon_{\alpha}}{100}\right)^2} \dots \text{(III)}$$

где $R_{\alpha 1}$ - максимальная нагрузка на первое продольное волокно в ньютонах,

$R_{\alpha 2}$ - максимальная нагрузка на второе продольное волокно в ньютонах,

$\epsilon_{\alpha 1}$ - удлинение при разрыве для первого продольного волокна и

$\epsilon_{\alpha 2}$ - удлинение при разрыве для второго продольного волокна.

Таким образом, в этом случае все используемые волокна (переплетенные волокна, первые продольные волокна, вторые продольные волокна) имеют разные величины DTEX. Такая гибкость в выборе величин DTEX обеспечивает лучшее сопряжение компонентов и оптимизацию расходов на проектирование и изготовление.

Если в вариантах выполнения по первому аспекту изобретения используются дополнительные волокна N_{α} , которые, например, переплетены с переплетенными волокнами, или в случае, когда сам усиливающий слой состоит из многочисленных подслоев, изобретение также распространяется на соединение и, таким образом, фиксацию всех волокон отдельного слоя или всех подслоев усиливающего слоя, соответственно, между защитным слоем от диффузии текучей среды и полимерной оболочкой.

Обобщая сказанное, благодаря использованию формулы (I) и формулы (II) и, при необходимости, формулы (III) можно спроектировать усиленную трубу P, устойчивую к воздействию осевой и радиальной составляющих усилия на волокна, что обусловлено давлением, сбалансированным образом с очень незначительным компромиссом между радиальной прочностью и осевой прочностью, тем самым получая более прочную и более устойчивую и долговечную трубу. Кроме того, использование усиливающего слоя, спроектированного, как описано выше, позволяет значительно уменьшить толщину стенки самой внутренней полимерной трубы по сравнению с трубами без такого усиливающего слоя. В связи с этим ниже в таблицах приведены примеры вычислений. Следует отметить, что это теоретические вычисления, исходя из определенных реальных параметров типового применения центрального отопления, а именно, транспортирования сетевой воды при рабочей температуре 115°C и давлении 1,6 МПа. В таблицах показаны различия между использованием усиленных труб по изобретению и теоретическим использованием труб из чистого PEX. В настоящее время монолитные PEX-трубы для указанных условий не используются именно по той причине, что вычисленные толщины их стенок (т.е. SDR=3,35) непригодны. Этот пример показывает преимущество изобретения.

Каждый ряд в табл. 1 соответствует такому же ряду в табл. 2. Сокращения в таблицах означают следующее:

riPEX=усиленная полимерная PEX-труба 1;

PEX=неусиленная полимерная PEX-труба;

ID=внутренний диаметр полимерной трубы;

AD=наружный диаметр полимерной трубы;

S=толщина стенки

$$\text{Area} = \frac{\pi}{4} (AD^2 - ID^2)$$

Area reduction=уменьшение объема PEX-материала;

E/J, C/I=относится к соотношению величин из соответствующих колонок в таблице;

SDR="Стандартное отношение размеров" относится к геометрии трубы.

SDR определяется как отношение номинального наружного диаметра к номинальной толщине стенки.

Таким образом, более высокая величина SDR указывает на тонкостенную трубу при любом заданном диаметре.

Таблица 1

A	B	C	D	E
ID; riPEX	AD; riPEX	s; riPEX	SDR; riPEX	Area; riPEX
32,6	37,6	2,5	15,0	275,67
40,8	47,0	3,1	15,2	427,54
51,4	58,6	3,6	16,3	622,04
61,4	69,2	3,9	17,7	800,07
73,6	82,6	4,5	18,4	1104,11
90,0	100,0	5,0	20,0	1492,26
102,2	112,8	5,3	21,3	1789,92

114,6	125,8	5,6	22,5	2114,67
130,8	143,4	6,3	22,8	2713,49

Таблица 2

F	G	H	I	J	K	L	1-K	1-L
SDR; PEX	ID; PEX = r _i PEX	AD; PEX	s; PEX	Area; PEX	E/J	C/J	Area reduction	s; reduction
3,35	32,6	80,90	24,15	4305,12	6,4	10,4	93,6	89,6
3,35	40,8	101,24	30,22	6743,27	6,3	10,3	93,7	89,7
3,35	51,4	127,55	38,07	10702,28	5,8	9,5	94,2	90,5
3,35	61,4	152,36	45,48	15271,68	5,2	8,6	94,8	91,4
3,35	73,6	182,64	54,562	21943,50	5,0	8,3	95,0	91,7
3,35	90,0	223,33	66,67	32812,19	4,5	7,5	95,5	92,5
3,35	102,2	253,61	75,70	42310,87	4,2	7,0	95,8	93,0
3,35	114,6	284,38	84,89	53200,96	4,0	6,6	96,0	93,4
3,35	130,8	324,58	96,89	69305,18	3,9	6,5	96,1	95,5

Как можно видеть из таблиц, уменьшение толщины стенки составляет 89,6% -93,5%, в то время как уменьшение количества материала больше указанного диапазона и составляет 93,6% - 96,1%. Как упомянуто выше, это сравнение является теоретическим сравнением, предназначенным для демонстрации преимуществ изобретения. PEX-трубы с отношением SDR, равным 3,35, не предлагаются из-за технологических ограничений.

На фиг. 4 показана труба IP по третьему аспекту изобретения. Изолированная труба содержит, если смотреть в радиальном направлении наружу, трубу P по первому или второму аспекту изобретения, по которой течет среда 8, например, горячая вода, теплоизолирующий слой 9, который предпочтительно является слоем PUR-пены, и наружную оболочку 10, которая предпочтительно изготовлена из термопластического материала. Обычно изолированная трубу IP изготавливают таким образом, что сначала трубу P центрируют внутри наружной оболочки 10 и вводят в зазор между трубой и наружной оболочкой изоляционную пену, которая расширяется и отвердевает, тем самым полностью заполняя зазор. Это известно специалистам в рассматриваемой области техники и не описывается подробно в настоящем документе. В целях полноты изложения дается ссылка на патент EP0897788, в котором описывается способ изготовления теплоизолированной трубы в гофрированной оболочке.

Ниже приведено подробное описание процесса изготовления по четвертому аспекту изобретения.

На первом этапе а) самая внутренняя полимерная труба экструдруется посредством использования известного соответствующего экструдера.

На втором этапе б) первый клеевой слой 2 наносится на самую внутреннюю полимерную трубу с помощью известных способов, например, экструзии, распыления, нанесения покрытия, причем предпочтительным способом нанесения клеевого слоя является экструзия. Следует отметить, что каждый этап, после этапа нанесения клеевого слоя выполняется в надлежащее время перед отверждением клея. Этот временной интервал может варьироваться в зависимости от используемого клея.

На третьем этапе с) защитный слой 3 от диффузии текучей среды наносится на первый клеевой слой. В случае, когда защитный слой от диффузии текучей среды содержит металл, этап с) предпочтительно выполняется посредством спиральной обертывания или наматывания защитного слоя от диффузии текучей среды на первый клеевой слой или посредством окружения первого клеевого слоя защитным слоем от диффузии текучей среды и последующего сплавления (например, с помощью сварки) друг с другом краев защитного слоя от диффузии текучей среды. В случае, когда защитный слой от диффузии текучей среды состоит из множества алюминиевых подслоев, все слои, например, могут обертываться в одном направлении. Как вариант, подслои могут наматываться в противоположных направлениях, в частности, поочередно.

В случае, когда защитный слой от диффузии текучей среды содержит термопластический материал, этап с) предпочтительно выполняется посредством экструзии защитного слоя от диффузии текучей среды на первый клеевой слой. Как упомянуто со ссылкой на фиг. 1, если защитный слой от диффузии текучей среды содержит многочисленные подслои, он уже может быть получен посредством предварительного изготовления или он может быть изготовлен предварительно по одному из описанных процессов.

На четвертом этапе d) второй клеевой слой 4 наносится на защитный слой от диффузии текучей среды аналогично с этапом б).

На пятом этапе e) усиливающий слой 5 наносится на второй клеевой слой, предпочтительно посредством оплетения или навивки или обертывания или наматывания усиливающего слоя.

В варианте выполнения дополнительные продольные волокна N_{α} присоединяются к переплетенным волокнам. Например, они могут быть вплетены в переплетенные волокна в то же время, когда переплетенные волокна наносятся на трубу. Это, как преимущество, ускоряет нанесение усиливающего слоя, поскольку все волокна укладываются за один этап.

В другом варианте выполнения дополнительные продольные волокна наносятся в качестве незави-

симого подслоя на переплетенные волокна или ниже них, если смотреть снаружи в радиальном направлении. В этом варианте выполнения усиливающий слой последовательно образуется с помощью по меньшей мере двух подслоев. Несмотря на то что для нанесения первого подслоя, состоящего из переплетенных волокон, и второго подслоя, состоящего из продольных волокон, требуются два этапа, сложность оборудования, используемого для нанесения, как преимущество, является низкой.

В еще одном варианте выполнения может использоваться комбинация двух вышеуказанных вариантов выполнения. На первом этапе сначала вышеуказанным образом может быть нанесен слой, состоящий из переплетенных волокон и присоединенных продольных волокон, и затем могут быть последовательно нанесены один или несколько дополнительных подслоев или только дополнительных продольных волокон или комбинации переплетенных волокон и продольных волокон.

В вариантах выполнения предпочтительно этап е) способа включает в себя подэтап е1) растягивания и натяжения волокон (переплетенных волокон и/или дополнительных продольных волокон) с помощью по меньшей мере одной пружины при нанесении, например, переплетении волокон для получения усиливающего слоя. Предпочтительно выбирать разные пружины для разных величин DTEX волокон с целью достижения надлежащего натяжения волокон различных типов. В случае, когда усиливающий слой содержит комбинацию волокон с разными величинами DTEX, для волокон с разными величинами DTEX предпочтительно используются разные пружины. Как преимущество, благодаря использованию одной или нескольких пружин, с помощью которых натягиваются пружины, улучшается растягивание усиливающего слоя.

На шестом этапе f) третий клеевой слой 6 наносится на усиливающий слой 5. Несмотря на то, что для достижения лучшего соединения между двумя клеевыми слоями предпочтительно выполнять этапы с d) по f) в пределах такого временного интервала, чтобы второй клеевой слой не отвердевал до тех пор, пока не будет нанесен третий клеевой слой, также достаточно выполнять в пределах такого временного интервала только этап е).

На седьмом этапе g) самая наружная оболочка 7 известным образом экструзируется на третий клеевой слой.

Настоящее изобретение предлагает многочисленные решения для усиления трубы с целью транспортирования текучей среды, принимая в расчет различные проблемы, вызывающие разрушение обычных труб. По первому аспекту изобретения усиление достигается посредством крепления волокон к прилегающим слоям и, тем самым, с одной стороны, получения трубы с усиленной "блочной структурой" и, с другой стороны, исключения повреждения слоев в результате трения. По второму аспекту изобретения использование уточненных формул для расчета параметров усиливающих слоев, а также присоединение дополнительных продольных волокон, обеспечивают оптимальный баланс трубы с точки зрения радиальной и осевой составляющих усилия, действующих на волокна, что обуславливается давлением на трубу во время эксплуатации.

Несмотря на то что показаны и описаны предпочтительные варианты изобретения, следует отчетливо понимать, что изобретение до них не ограничивается, и могут быть внедрены и использоваться на практике другие варианты в рамках объема приведенной ниже формулы изобретения. В частности, следует понимать, что такие термины, как "предпочтительно", "в частности", "в вариантах выполнения" и т.д., обозначают только необязательные признаки.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Труба (P) для транспортирования текучей среды (8), причем труба (P) имеет продольную ось (x) и содержит, по меньшей мере, следующие слои:

самый внутренний полимерный слой (1) для транспортирования текучей среды (8),
защитный слой (3) от диффузии текучей среды, окружающий полимерную трубу (1), причем защитный слой (3) от диффузии текучей среды соединен с полимерной трубой (1) с помощью первого клеевого слоя (2),

усиливающий слой (5), окружающий защитный слой (3) от диффузии текучей среды, причем усиливающий слой (5) содержит переплетенные волокна (N), обеспечивающие осевое (x) и радиальное (r) усиление трубы (P), и усиливающий слой (5) соединен с защитным слоем (3) от диффузии текучей среды с помощью второго клеевого слоя (4),

самую наружную полимерную оболочку (7), окружающую усиливающий слой (5), причем полимерная оболочка (7) соединена с усиливающим слоем (5) с помощью третьего клеевого слоя (6),

причем третий клеевой слой (6) и/или второй клеевой слой (4) выполнены с возможностью соединения с переплетенными волокнами (N) усиливающего слоя (5).

2. Труба по п.1, в которой защитный слой (3) от диффузии текучей среды выполнен из термопластического материала, в частности EVOH или алифатического поликетона, пригодного для ограничения диффузии по меньшей мере одной из текучих сред, к которым относятся кислород, пентан, CO₂, HFO, снаружи в самую внутреннюю полимерную трубу (1) и для ограничения диффузии, по меньшей мере, водяного пара изнутри самой внутренней полимерной трубы (1) наружу защитного слоя (3) от диффузии текучей среды, или в которой защитный слой (3) от диффузии текучей среды содержит металл, в частно-

сти алюминий, выполненный с возможностью остановки диффузии по меньшей мере одной из текучих сред, к которым относятся кислород, пентан, CO₂, HFO, снаружи в самую внутреннюю полимерную трубу (1) и для остановки диффузии, по меньшей мере, водяного пара изнутри самой внутренней полимерной трубы (1) наружу защитного слоя от диффузии текучей среды.

3. Труба по п.2, в которой защитный слой (3) от диффузии текучей среды содержит по меньшей мере один алюминиевый слой толщиной больше 0,1 мм или в которой защитный слой (3) от диффузии текучей среды содержит, если смотреть в радиальном наружном направлении от продольной оси трубы, по меньшей мере один ламинированный слой, содержащий многочисленные подслои, выбранные из следующих вариантов:

алюминиевый подслои и полимерный подслои;

первый алюминиевый подслои, полимерный подслои, второй алюминиевый подслои, клеевой подслои;

алюминиевый подслои, полимерный подслои, клеевой подслои;

клеевой подслои, алюминиевый подслои, полимерный подслои;

первый клеевой подслои, алюминиевый подслои, полимерный подслои, второй клеевой подслои, причем, в частности, первый клеевой подслои и второй клеевой подслои состоят из одного и того же материала;

первый клеевой подслои, алюминиевый подслои, полимерный подслои, второй алюминиевый подслои, второй клеевой подслои;

по меньшей мере два алюминиевых подслои;

причем, в частности, во всех вариантах, содержащих полимерный подслои, указанный полимерный подслои является PЕТ-подслоем или РЕ-подслоем,

причем, в частности, в случае, когда алюминиевый слой содержит больше одного подслои, толщина каждого алюминиевого подслои составляет 0,005-0,2 мм, наиболее предпочтительно 0,025 мм.

4. Труба по любому из пп.1-3, в которой третий клеевой слой (6) и/или второй клеевой слой (4) выполнены/выполнен с возможностью выступания между переплетенными волокнами (N), так что второй клеевой слой (4) и третий клеевой слой (6) приклеиваются друг к другу, в частности, тем самым образуя композиционный материал, так что переплетенные волокна (N) фиксируются между вторым клеевым слоем (4) и третьим клеевым слоем (6).

5. Труба по любому из пп.1-4, в которой второй клеевой слой (4) и третий клеевой слой (6) состоят из одного и того же материала, при этом, в частности, первый клеевой слой (2), второй клеевой слой (4) и третий клеевой слой (6) состоят из одного и того же материала, причем указанный материал является клеем на основе полиолефина, отверждаемым малеиновым ангидридом, в частности клеем на основе сополимера полипропилена, отверждаемым малеиновым ангидридом, или материал является эпоксидным клеем или материал является полиуретановым клеем или второй клеевой слой (4) и третий клеевой слой (6) выполнены из разных материалов.

6. Труба по любому из пп.1-5, в которой полимерная оболочка (7) содержит полиолефин, при этом, в частности, полимерная оболочка (7) дополнительно содержит волокна, в частности стекловолокна или углеродные волокна или их комбинацию.

7. Труба по любому из пп.1-6, в которой переплетенные волокна (N) усиливающего слоя (5) структурированы в один или несколько подслоев из переплетенных волокон.

8. Труба по любому из пп.1-7, в которой переплетенные волокна (N) выбирают из группы, включающей в себя нейлон, графит, сверхвысокомолекулярный полиэтилен (UHMWP), GF, арамид, параарамид, метаарамид, стекловолокна или какую-либо их комбинацию.

9. Труба по любому из пп.1-8, в которой переплетенные волокна (N) в каждом направлении, образующем сетку, расположены под углом α относительно продольной оси непараллельно сечению трубы и непараллельно продольной оси трубы, причем усиливающий слой (5) содержит суммарное количество N_α дополнительных продольных волокон, которые ориентированы параллельно продольной оси трубы, причем дополнительные волокна объединены с переплетенными волокнами (N) или нанесены в качестве отдельного слоя на переплетенные волокна.

10. Труба по п.9, в которой угол α переплетенных волокон (N) для заданного суммарного количества переплетенных волокон (N) зависит от расчетного разрывного давления P, действующего на трубу, и определяется по формуле (I)

$$P = \frac{2N \sin^2 \alpha}{\pi D^2 \cos \alpha} \frac{R}{\left(1 + \frac{\epsilon}{100}\right)^2} \dots (I)$$

где N - общее количество переплетенных волокон;

R - максимальная нагрузка на переплетенное волокно в ньютонах;

D - наружный диаметр самой внутренней полимерной трубы;

ϵ - удлинение переплетенного волокна при разрыве.

11. Труба по п.10, в которой общее количество дополнительных продольных волокон для угла α , рассчитываемого по формуле (I), определяется по формуле (II)

$$N_{\alpha} \geq (0.5 N \sin \alpha \tan \alpha - N \cos \alpha) \frac{\frac{R}{\left(1 + \frac{\epsilon}{100}\right)^2}}{\frac{R_{\alpha}}{\left(1 + \frac{\epsilon_{\alpha}}{100}\right)^2}} \dots (II)$$

где N - общее количество переплетенных волокон;

R - максимальная нагрузка на переплетенное волокно в ньютонах;

R_{α} - максимальная нагрузка на продольное волокно в ньютонах;

ϵ - удлинение переплетенного волокна при разрыве;

ϵ_{α} - удлинение продольного волокна при разрыве,

причем, в частности, продольные волокна содержат количество $N_{\alpha 1}$ первых продольных волокон с первой величиной DTEX и количество $N_{\alpha 2}$ вторых продольных волокон со второй величиной DTEX, причем первые продольные волокна и вторые продольные волокна расположены поочередно, причем общее количество продольных волокон определяется по формуле (III)

$$N_{\alpha 1} \frac{R_{\alpha 1}}{\left(1 + \frac{\epsilon_{\alpha 1}}{100}\right)^2} + N_{\alpha 2} \frac{R_{\alpha 2}}{\left(1 + \frac{\epsilon_{\alpha 2}}{100}\right)^2} \geq N_{\alpha} \frac{R_{\alpha}}{\left(1 + \frac{\epsilon_{\alpha}}{100}\right)^2} \dots (III)$$

где $R_{\alpha 1}$ - максимальная нагрузка на первое продольное волокно в ньютонах;

$R_{\alpha 2}$ - максимальная нагрузка на второе продольное волокно в ньютонах;

$\epsilon_{\alpha 1}$ - удлинение при разрыве для первого продольного волокна;

$\epsilon_{\alpha 2}$ - удлинение при разрыве для второго продольного волокна.

12. Труба по п.11, в которой общее количество N_{α} дополнительных продольных волокон выполнено с возможностью выравнивания степени усиления относительно усилий, действующих на трубу в радиальном направлении и продольном направлении трубы, тем самым обеспечивая более высокое разрывное давление, чем разрывное давление, когда угол равновесия равен $54^{\circ}44'$, причем один или несколько параметров из формулы (I) адаптированы таким образом, что угол α больше угла равновесия $54^{\circ}44'$.

13. Труба по любому из пп.1-12, в которой переплетенные волокна (N) имеют величину DTEX, отличающуюся от величины DTEX продольных волокон.

14. Труба для транспортирования текучей среды, причем указанная труба имеет продольную ось и содержит, по меньшей мере, следующие слои:

самый внутренний полимерный слой (1) для транспортирования текучей среды,

защитный слой (3) от диффузии текучей среды, окружающий полимерную трубу, причем защитный слой (3) от диффузии текучей среды соединен с полимерной трубой (1) с помощью первого клеевого слоя,

усиливающий слой (5), окружающий защитный слой от диффузии текучей среды, причем усиливающий слой (5) содержит переплетенные волокна (N), обеспечивающие осевое и радиальное усиление трубы, и усиливающий слой (5) соединен с защитным слоем (3) от диффузии текучей среды с помощью второго клеевого слоя,

самую наружную полимерную оболочку (7), окружающую усиливающий слой (5), причем полимерная оболочка (7) соединена с усиливающим слоем (5) с помощью третьего клеевого слоя,

причем переплетенные волокна (N) в каждом направлении образования сетки расположены под углом α относительно продольной оси трубы непараллельно поперечному сечению трубы и непараллельно продольной оси трубы, причем угол α определяется по формуле (I)

$$P = \frac{2N \sin^2 \alpha}{\pi D^2 \cos \alpha} \frac{R}{\left(1 + \frac{\epsilon}{100}\right)^2} \dots (I)$$

где N - общее количество переплетенных волокон;

P - расчетное разрывное давление;

R - максимальная нагрузка на переплетенное волокно в ньютонах;

D - наружный диаметр самой внутренней полимерной трубы;

ϵ - удлинение переплетенного волокна при разрыве,

причем усиливающий слой (5) содержит количество N_{α} дополнительных продольных волокон, которые ориентированы параллельно продольной оси трубы, причем количество N_{α} продольных волокон вычисляется по формуле (II)

$$N_{\alpha} \geq (0.5 N \sin \alpha \tan \alpha - N \cos \alpha) \frac{\frac{R}{\left(1 + \frac{\epsilon}{100}\right)^2}}{\frac{R_{\alpha}}{\left(1 + \frac{\epsilon_{\alpha}}{100}\right)^2}} \dots \text{(II)}$$

где R_{α} - максимальная нагрузка на продольное волокно в ньютонах;

ϵ_{α} - удлинение продольного волокна при разрыве.

15. Труба по п.14, в которой продольные волокна содержат количество $N_{\alpha 1}$ первых продольных волокон с первой величиной DTEX и количество $N_{\alpha 2}$ вторых продольных волокон со второй величиной DTEX, причем первые продольные волокна и вторые продольные волокна расположены поочередно, причем общее количество продольных волокон определяется по формуле (III)

$$N_{\alpha 1} \frac{R_{\alpha 1}}{\left(1 + \frac{\epsilon_{\alpha 1}}{100}\right)^2} + N_{\alpha 2} \frac{R_{\alpha 2}}{\left(1 + \frac{\epsilon_{\alpha 2}}{100}\right)^2} \geq N_{\alpha} \frac{R_{\alpha}}{\left(1 + \frac{\epsilon_{\alpha}}{100}\right)^2} \dots \text{(III)}$$

где $R_{\alpha 1}$ - максимальная нагрузка на первое продольное волокно в ньютонах;

$R_{\alpha 2}$ - максимальная нагрузка на второе продольное волокно в ньютонах;

$\epsilon_{\alpha 1}$ - удлинение при разрыве для первого продольного волокна;

$\epsilon_{\alpha 2}$ - удлинение при разрыве для второго продольного волокна.

16. Труба по п.14 или 15, в которой общее количество N_{α} дополнительных продольных волокон выполнено с возможностью выравнивания степени усиления относительно усилий, действующих на трубу в радиальном направлении и продольном направлении трубы, причем один или несколько параметров из формулы (I) адаптированы таким образом, что угол α больше угла равновесия $54^{\circ}44''$.

17. Труба по любому из пп.14-16, в которой защитный слой (3) от диффузии текучей среды выполнен из термопластического материала, в частности EVOH или алифатического поликетона, пригодного для ограничения диффузии по меньшей мере одной из текучих сред, к которым относятся кислород, пентан, CO_2 , HFO, снаружи в самую внутреннюю полимерную трубу (1) и для ограничения диффузии, по меньшей мере, водяного пара внутри самой внутренней полимерной трубы (1) наружу защитного слоя (3) от диффузии текучей среды, или в которой защитный слой (3) от диффузии текучей среды содержит металл, в частности алюминий, выполненный с возможностью остановки диффузии по меньшей мере одной из текучих сред, к которым относятся кислород, пентан, CO_2 , HFO, снаружи в самую внутреннюю полимерную трубу (1) и для остановки диффузии, по меньшей мере, водяного пара внутри самой внутренней полимерной трубы (1) наружу защитного слоя от диффузии текучей среды.

18. Труба по п.17, в которой защитный слой (3) от диффузии текучей среды содержит по меньшей мере один алюминиевый слой толщиной больше 0,1 мм или в которой алюминиевый слой (3) содержит, если смотреть в радиальном наружном направлении от продольной оси трубы, по меньшей мере один ламинированный слой, содержащий многочисленные подслои, выбранные из следующих вариантов:

алюминиевый подслой и полимерный подслой;

первый алюминиевый подслой, полимерный подслой, второй алюминиевый подслой, клеевой подслой;

алюминиевый подслой, полимерный подслой, клеевой подслой;

клеевой подслой, алюминиевый подслой, полимерный подслой;

первый клеевой подслой, алюминиевый подслой, полимерный подслой, второй клеевой подслой, причем, в частности, первый клеевой подслой и второй клеевой подслой состоят из одного и того же материала;

первый клеевой подслой, алюминиевый подслой, полимерный подслой, второй алюминиевый подслой, второй клеевой подслой;

по меньшей мере два алюминиевых подслоя;

причем, в частности, во всех вариантах полимерный подслой является PET-подслоем,

причем, в частности, в случае, когда алюминиевый слой содержит больше одного подслоя, толщина каждого алюминиевого подслоя составляет 0,005-0,2 мм, более предпочтительно 0,05-0,075 мм, наиболее предпочтительно 0,025 мм.

19. Труба по любому из пп.14-18, в которой третий клеевой слой (6) и/или второй клеевой слой (4) выполнены/выполнен с возможностью приклеивания к переплетенным волокнам (N) усиливающего слоя (5), причем, в частности, третий клеевой слой (6) и/или второй клеевой слой (4) выполнены/выполнен с возможностью выступания между переплетенными волокнами (N), так что второй клеевой слой (4) и третий клеевой слой (6) приклеиваются друг к другу, в частности, тем самым образуя композиционный материал, так что переплетенные волокна (N) фиксируются между вторым клеевым слоем (4) и третьим клеевым слоем (6).

20. Труба по любому из пп.14-19, в которой второй клеевой слой (4) и третий клеевой слой (6) состоят из одного и того же материала, причем, в частности, первый клеевой слой (2) и второй клеевой слой (4) и третий клеевой слой (6) состоят из одного и того же материала, причем указанный материал является клеем на основе полиолефина, отверждаемым малеиновым ангидридом, в частности клеем на основе сополимера полипропилена, отверждаемым малеиновым ангидридом, или материал является эпоксидным клеем или материал является полиуретановым клеем или второй клеевой слой (4) и третий клеевой слой (6) выполнены из разных материалов.

21. Труба по любому из пп.14-20, в которой усиливающий слой (5) содержит один или несколько подслоев из переплетенных волокон, причем переплетенные волокна (N) выбирают из группы, включающей в себя нейлон, графит, сверхвысокомолекулярный полиэтилен (UHMWP), GF, арамид, параарамид, метаарамид или какую-либо их комбинацию.

22. Труба по любому из пп.14-21, в которой переплетенные волокна (N) имеют величину DTEX, отличающуюся от величины DTEX продольных волокон.

23. Изолированная труба для транспортирования текучей среды, в частности нагреваемой воды для центрального отопления, содержащая

трубу по любому из пп.1-22,

теплоизолирующий слой, в частности слой PUR-пены, окружающий самую наружную полимерную оболочку (7) указанной трубы, и

наружную оболочку, в частности, выполненную из термопластического материала, окружающую теплоизолирующий слой.

24. Способ изготовления трубы по любому из пп.1-22, включающий в себя следующие этапы:

а) экструзия самой внутренней полимерной трубы,

б) нанесение первого клеевого слоя (2) на самую внутреннюю полимерную трубу,

с) нанесение защитного слоя от диффузии текучей среды на первый клеевой слой,

д) нанесение второго клеевого слоя (4) на защитный слой от диффузии текучей среды,

е) нанесение усиливающего слоя (5) на второй клеевой слой,

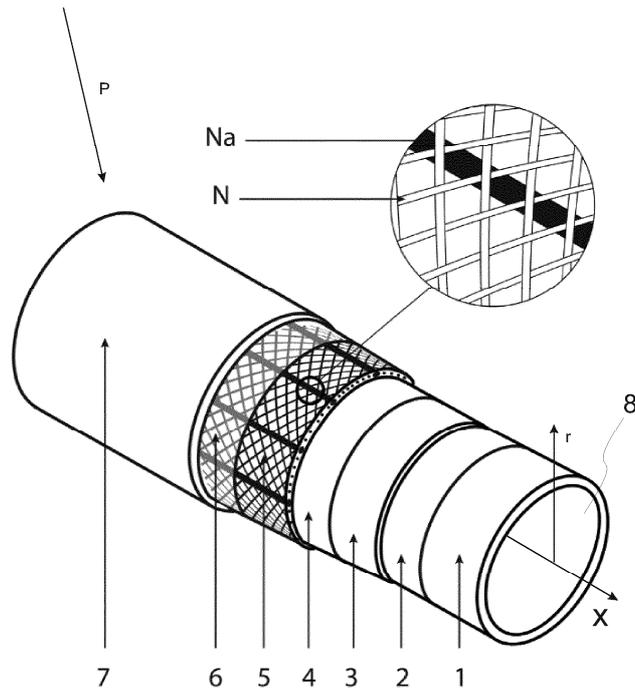
ф) нанесение третьего клеевого слоя (6) на усиливающий слой (5) и

г) экструзия самой наружной полимерной оболочки (7) на третий клеевой слой.

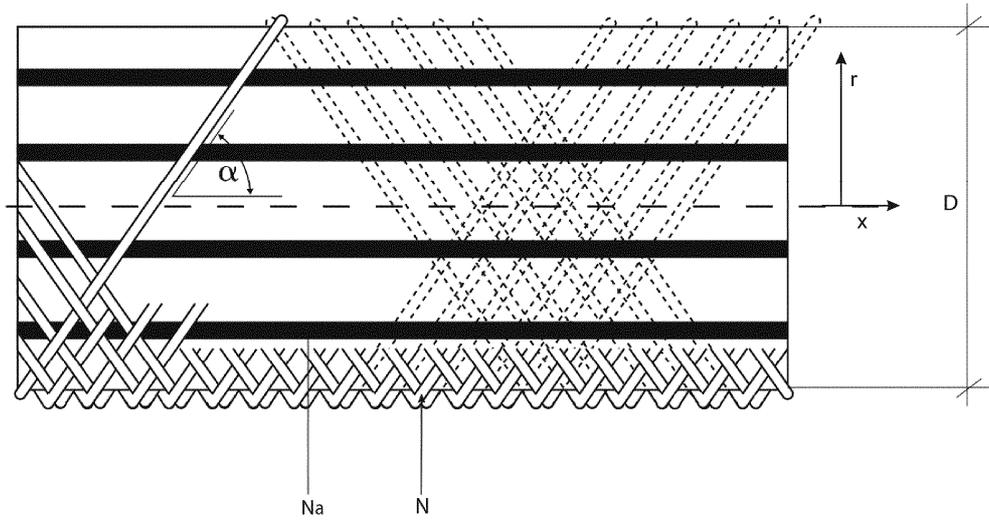
25. Способ по п.24, в котором этап е) способа выполняют посредством одной из операций, к которым относятся оплетение, навивка, обертывание, наматывание усиливающего слоя (5).

26. Способ по п.24 или 25, в котором этап е) способа включает в себя подэтап е1) растягивания и натяжения переплетенных волокон и/или дополнительных продольных волокон с помощью по меньшей мере одной пружины при нанесении, например переплетении, волокон, для получения усиливающего слоя (5), причем, в частности, выбирают пружины для разных величин DTEX волокон, причем, в частности, в случае, когда усиливающий слой (5) содержит комбинацию волокон с разными величинами DTEX, для волокон с разными величинами DTEX используются разные пружины.

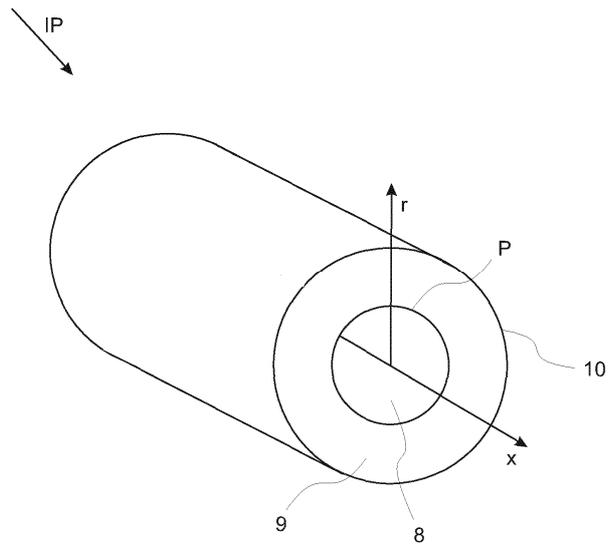
27. Способ по любому из пп.24-26, в котором в случае, когда защитный слой (3) от диффузии текучей среды содержит металл, этап с) способа выполняют посредством спирального обертывания защитного слоя (3) от диффузии текучей среды на первом клеевом слое (2) или посредством окружения первого клеевого слоя (2) усиливающим слоем (5) и последующего сплавления друг с другом краев защитного слоя, или в случае, когда защитный слой (3) от диффузии содержит термопластический материал, посредством экструзии защитного слоя (3) от диффузии на первый клеевой слой (2).



Фиг. 1, 2



Фиг. 3



Фиг. 4