

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **039188**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2021.12.15

(21) Номер заявки
201990147

(22) Дата подачи заявки
2017.07.24

(51) Int. Cl. *F28F 21/06* (2006.01)
F28D 21/00 (2006.01)
F28F 3/02 (2006.01)
B29C 43/00 (2006.01)
B29C 51/00 (2006.01)
F28F 3/04 (2006.01)

(54) **ЭЛЕМЕНТ ЭНТАЛЬПИЙНОГО ТЕПЛООБМЕННИКА, ЭНТАЛЬПИЙНЫЙ ТЕПЛООБМЕННИК, СОДЕРЖАЩИЙ ТАКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ, И СПОСОБ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ**

(31) **16020276.8**

(32) **2016.07.25**

(33) **EP**

(43) **2019.08.30**

(86) **PCT/IB2017/054466**

(87) **WO 2018/020392 2018.02.01**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ЗЕНДЕР ГРУП ИНТЕРНЭШНЛ
АГ (CH); СИМПАТЕКС
ТЕКНОЛОДЖИС ГМБХ (DE)**

(72) Изобретатель:
**Хирш Кристиан, Брандт Штефан, Бир
Кристиан, Майерсхофер Мартин (DE)**

(74) Представитель:
Нилова М.И. (RU)

(56) EP-A1-2829836
WO-A1-2015006856
EP-A1-2829834

(57) Изобретение обеспечивает элементы (E, E', PR, PF) энтальпийного теплообменника и энтальпийные теплообменники, содержащие такие элементы. Кроме того, изобретение раскрывает способ изготовления таких элементов энтальпийного теплообменника и энтальпийных теплообменников, включающий следующие этапы: а) обеспечение воздухопроницаемого листового элемента (1); b) ламинирование по меньшей мере одной стороны (1a, 1b) листового элемента (1) тонкой полимерной пленкой (3, 4) с характеристиками пропускания водяного пара; и c) формование ламинированного листового элемента (1) в желаемую форму, характеризующуюся трехмерным рисунком (5, 5,...) гофрирования.

B1**039188****039188****B1**

Изобретение относится к элементам энтальпийного теплообменника и энтальпийным теплообменникам, содержащим такие элементы. Кроме того, изобретение раскрывает способ изготовления таких элементов энтальпийного теплообменника и энтальпийных теплообменников.

Хорошо известно использование различных типов теплообменников для разных целей. Обычно теплообменники используют для рекуперации тепловой энергии из одной текучей среды или среды в другую. Этот вид тепловой энергии называют ощутимой энергией. Обеспечивается рекуперация тепловой энергии или ощутимой энергии одной текучей среды, обычно воздуха, в другую, протекающую рядом, например, параллельно, противотоком или поперечным потоком относительно первой, причем текучая среда имеет более низкую температуру. Благодаря инверсии потоков текучих сред, обмен между ними будет образовывать более холодную текучую среду. Теплообменники, используемые для рекуперации ощутимой энергии, обычно изготавливают из металлических или полимерных элементов. Существуют разные типы, поскольку могут быть конфигурации с поперечным потоком, параллельным потоком или противотоком. Элементы определяют каналы потока между собой таким образом, чтобы обеспечивать возможность протекания текучих сред между элементами. Такие устройства используют, например, в жилых и коммерческих вентиляционных системах (теплообменная вентиляция).

Другой тип энергообменников относится к так называемой потенциальной энергии, которая содержит влагу в воздухе. Для обмена потенциальной энергией известно использование металлических, покрытых осушителем, или полимерных подложек или мембран, изготовленных из целлюлозы или полимера, пропитанного осушителем. Между пластинами, изготовленными из целлюлозы или полимера, образованы или созданы воздушные каналы, обеспечивающие возможность прохождения текучих сред вдоль поверхности пластин, таким образом передавая влагу от одной текучей среды к другой. Поскольку мембраны обычно не имеют структурной прочности, известно объединение мембран с каркасами или сетками, которые таким образом определяют расстояния между мембранами.

В случае сочетания вышеуказанного, т.е. теплообмена и влагообмена, теплообменники называют энтальпийными теплообменниками. Эти энтальпийные теплообменники обеспечивают возможность обмена ощутимой и потенциальной энергией, что приводит к полной рекуперации энергии.

Доступные в настоящее время материалы мембраны доставляют в рулонах. Материал мембраны является наиболее важной частью энтальпийного теплообменника. Мембрана должна быть закреплена и уплотнена к каркасу или сетке определенного типа, и расположена таким образом, чтобы обеспечивать возможность протекания текучей среды между каждым слоем мембраны. Таким образом, очевидно, что энтальпийные теплообменники известного уровня техники являются компромиссом. Они обычно уступают в обмене ощутимой энергией для получения преимущества в обмене потенциальной энергией в результате избирательного объема и характеристик мембран, используемых в настоящее время.

Такой энтальпийный теплообменник, выполненный из соответствующих элементов, представляет собой, например, WO 02/072242 A1. На решетках расположены соответствующие мембраны из волокон. Сетки, содержащие мембрану или прокладки между смежными мембранами, то есть прокладки и мембраны в чередующемся порядке, сшивают или располагают друг в друге, таким образом изменяя направление пластин для обеспечения различных направлений воздушного потока.

Принимая во внимание упомянутый уровень техники, задача изобретения заключается в создании элементов энтальпийного теплообменника и энтальпийных теплообменников, а также способа их изготовления, позволяющего создавать энтальпийные теплообменники, в которых эффективность обмена ощутимой энергией и обмена потенциальной энергии в каждом элементе энтальпийного теплообменника повышена, и в которых стоимость изготовления элементов энтальпийного теплообменника и энтальпийных теплообменников, изготовленных из таких элементов, уменьшена.

Другая задача изобретения заключается в создании элементов энтальпийного теплообменника и энтальпийных теплообменников с высокой удельной площадью обмена для водяного пара, а также способа их изготовления.

Для решения этой задачи изобретение предлагает способ изготовления элементов энтальпийного теплообменника, включающий следующие этапы

- a) обеспечение воздухопроницаемого листового элемента;
- b) ламинирование по меньшей мере одной стороны листового элемента тонкой полимерной пленкой с характеристиками пропускания водяного пара; и
- c) формование ламинированного листового элемента в желаемую форму, характеризующуюся трехмерным рисунком гофрирования, причем листовой материал листового элемента содержит полимер.

В результате обеспечивается элемент энтальпийного теплообменника, который обеспечивает возможность передачи тепла и молекул воды в форме пара через элемент от одной стороны элемента к другой стороне элемента почти по всей площади поверхности элемента, имеющего более высокую удельную площадь обмена, чем такие элементы в предшествующем уровне техники. При этом, прохождение молекул, имеющих больший размер или меньшую полярность, чем молекулы воды, таких как молекулы углекислого газа и молекулы, связанные с запахами, через элемент исключено. Дополнительно, листовому элементу и барьерному материалу, выполненному с возможностью избирательного пропускания водяного пара, ламинированному по меньшей мере к одной стороне листового элемента, придают желаемую

форму гофрирования с использованием только одного этапа формования ("одноэтапное формование"). Таким образом, в элементе энтальпийного теплообменника в соответствии с изобретением, с одной стороны, повышена общая эффективность передачи энергии (т.е. ощутимой и потенциальной), а с другой стороны, уменьшены затраты на изготовление.

Альтернативно, последовательность этапов b) и c) в способе может быть обращена, то есть (еще не ламинированный) листовый элемент формуют в желаемую форму, характеризующуюся трехмерным рисунком гофрирования, и затем по меньшей мере к одной стороне сформованного листового элемента ламинируют тонкую полимерную пленку с характеристиками пропускания водяного пара ("двухэтапное формование"). В частности, способ изготовления элементов энтальпийного теплообменника может включать этап резки после этапа b) ламинирования. Предпочтительно на этапах a) и b) воздухопроницаемый тонколистовой материал, обычно получаемый путем разворачивания из ролика, и тонкую полимерную пленку, обычно полученную путем экструзии пленки, соединяют друг с другом на этапе b) ламинирования посредством теплового сплавления и/или склеивания для получения непрерывного воздухо непроницаемого полотна, содержащего непрерывный воздухопроницаемый опорный слой, ламинированный непрерывной воздухо непроницаемой тонкой полимерной пленкой с характеристиками пропускания водяного пара.

За этапом b) ламинирования следует этап резания.

В первом варианте этап резания может являться дополнительным промежуточным этапом между этапом b) ламинирования и этапом c) формования. Предпочтительно непрерывное ламинированное полотно сначала разрезают на отдельные ламинированные листовые элементы, содержащие воздухопроницаемый опорный слой, ламинированный непрерывной воздухо непроницаемой тонкой полимерной пленкой с характеристиками пропускания водяного пара. Затем каждый ламинированный листовый элемент формуют в желаемую форму, характеризующуюся трехмерным рисунком гофрирования. Другими словами, непрерывное ламинированное полотно сначала пропускают через секцию резания, содержащую режущий инструмент, а затем через секцию формования, содержащую формующий инструмент.

Во втором варианте этап резания может являться дополнительным этапом на этапе c) формования, то есть он может быть частью этапа формования. Предпочтительно непрерывное ламинированное полотно одновременно режут и формуют в отдельные ламинированные листовые элементы, содержащие воздухопроницаемый опорный слой, ламинированный непрерывной воздухо непроницаемой тонкой полимерной пленкой с характеристиками пропускания водяного пара, и имеющие желаемую форму, характеризующуюся трехмерным рисунком гофрирования. Другими словами, непрерывное ламинированное полотно пропускают через комбинированную секцию резания и формования, содержащую режущий инструмент и формующий инструмент. Предпочтительно режущий инструмент и формующий инструмент связаны друг с другом, предпочтительно соединены друг с другом. Они могут быть жестко соединены друг с другом или упруго соединены друг с другом. В качестве первой альтернативы режущий инструмент и формующий инструмент могут иметь такое взаимное расположение, чтобы во время объединенного этапа резания и формования обеспечивать взаимодействие режущего инструмента с ламинированным полотном до взаимодействия формующего инструмента с ламинированным полотном. В качестве второй альтернативы режущий инструмент и формующий инструмент могут иметь такое взаимное расположение, чтобы во время объединенного этапа резания и формования обеспечивать взаимодействие режущего инструмента с ламинированным полотном одновременно с взаимодействием формующего инструмента с ламинированным полотном. В качестве третьей альтернативы режущий инструмент и формующий инструмент могут иметь такое взаимное расположение, чтобы во время объединенного этапа резания и формования обеспечивать взаимодействие режущего инструмента с ламинированным полотном после взаимодействия формующего инструмента с ламинированным полотном.

Характеристика проницаемости водяного пара означает скорость проницаемости водяного пара, составляющую по меньшей мере $500 \text{ г/м}^2/\text{сутки}$, предпочтительно по меньшей мере $1000 \text{ г/м}^2/\text{сутки}$, еще более предпочтительно по меньшей мере $1500 \text{ г/м}^2/\text{сутки}$ и наиболее предпочтительно по меньшей мере $2000 \text{ г/м}^2/\text{сутки}$, при измерении с использованием способа метода вертикального стакана в соответствии с модифицированным стандартом ASTM E 96-66 B; модификации: $T_{\text{воды}} = 30^\circ\text{C}$, $T_{\text{воздуха}} = 21^\circ\text{C}$, отн. влажность = 60%, расход воздуха = 2 м/с .

Этап c) формования ламинированного листового элемента в желаемую форму, характеризующуюся трехмерным рисунком гофрирования, может включать в себя первый этап c1) и второй этап c2).

Этап c1) включает формование первого рисунка гофрирования или упрочняющего рисунка гофрирования с гофрами, проходящими в первом направлении и имеющими относительно тонкую структуру. Первый рисунок гофрирования может иметь синусоидальный, прямоугольный или треугольный периодический профиль. Предпочтительно этот первый периодический профиль первого рисунка гофрирования имеет период от 0,5 до 2 мм и амплитуду от 0,5 до 1 мм. Первый рисунок гофрирования может содержать смежные гребни. Смежные гребни могут быть расположены на расстоянии друг от друга, т.е. пространство ламинированного или еще не ламинированного листового элемента между смежными гребнями является по существу плоской областью, а смежные гребни могут выступать в одинаковом направлении или в противоположных направлениях от листового элемента. Высота или глубина, а также

ширина этих отдельно расположенных гребней может составлять от 0,2 до 1 мм. Расстояние между гребнями может быть в 1-10 раз больше ширины гребня. Этот необязательный первый этап с1) улучшает общую жесткость элемента энтальпийного теплообменника.

Этап с2) включает формирование второго рисунка гофрирования или основного рисунка гофрирования с гофрами, проходящими во втором направлении и имеющими относительно грубую структуру, определяющую геометрию поперечного сечения канала пластины теплообменника. Аналогично, второй рисунок гофрирования может иметь синусоидальный, прямоугольный или треугольный периодический профиль, но с большими размерами, чем первый рисунок гофрирования. Предпочтительно этот второй периодический профиль второго рисунка гофрирования имеет период от 2 до 10 мм и амплитуду от 2 до 10 мм.

В результате необязательный первый этап с1) и необходимый второй этап с2) обеспечивают элемент энтальпийного теплообменника с двойным гофрированием и повышенной жесткостью.

Первое направление, т.е. направление гребней первого рисунка гофрирования, образует угол относительно второго направления, т.е. направления гребней второго рисунка гофрирования, предпочтительно угол, составляющий от 45 до 90°, более предпочтительно угол, составляющий от 85 до 90°, и наиболее предпочтительно приблизительно 90°.

Листовой материал листового элемента может содержать полимер, предпочтительно термопластичный полимер. Таким образом, листовой элемент пригоден, например, для термической обработки на этапе с) формования. Предпочтительно полистирол (ПС), поливинилхлорид (ПВХ), вискоза или сложный полиэфир, такой как полиэтилентерефталат (ПЭТ) или сополиэфир, выбирают в качестве термопластичного полимера. Предпочтительно полимер листового материала не содержит какого-либо пластификатора. Полимер листового материала может включать биоцид (бактерицид и/или фунгицид).

В предпочтительном варианте реализации листовой элемент представляет собой полотно, предпочтительно нетканое полотно. Полотно может включать только термопластичные волокна или сочетание термопластичных волокон и термореактивных волокон, или сочетание термопластичных волокон и смолы, или сочетание термопластичных волокон и неорганических волокон. Наиболее предпочтительно полотно включает многокомпонентные или двухкомпонентные волокна вместе со стандартными термореактивными и/или термопластичными волокнами. Предпочтительно полотно включает более 50 мас.% многокомпонентных или двухкомпонентных волокон и может включать только многокомпонентные или двухкомпонентные волокна. Кроме того, полотно может включать металлические волокна и/или фитильные волокна, обеспечивающие высокую теплопроводность вместе с механической прочностью и высоким капиллярным действием ("вагопроводность") соответственно. Неорганические волокна могут быть стеклянными волокнами, карбидкремниевыми волокнами или любыми минеральными волокнами.

Альтернативно, листовой элемент представляет собой тканое полотно, предпочтительно имеющую анизотропную структуру и соответствующие анизотропные свойства. Например, тканое полотно может иметь более толстые полимерные волокна в первом направлении волокон и более тонкие полимерные волокна во втором направлении волокон. Второе направление волокон может быть расположено под углом, составляющим между 90 и 100°, предпочтительно около 90°, относительно первого направления волокон. Благодаря более толстым полимерным волокнам в первом направлении волокон анизотропная тканая полотно может выдерживать большее растяжение вдоль первого направления волокон без механического ослабления (или даже повреждения), чем вдоль второго направления волокон с более тонкими полимерными волокнами.

Альтернативно, листовой элемент может содержать нетканое полотно, которое может иметь анизотропную структуру и соответствующие анизотропные свойства, и тканое полотно, предпочтительно имеющее анизотропную структуру и соответствующие анизотропные свойства.

Листовой элемент может содержать дополнительные усиливающие волокна для обеспечения дополнительной прочности. Эти усиливающие волокна могут являться по меньшей мере одним из металлических волокон, углеродных волокон или термопластичных полимерных волокон. Усиливающие волокна могут проходить в первом общем направлении внутри листового элемента. Предпочтительно усиливающие волокна не являются прямыми. В частности, они могут иметь волнообразный рисунок, например, с треугольным или синусоидальным плоским рисунком, предпочтительно с периодами от 1 до 3 мм и амплитудами от 1 до 3 мм. Альтернативно, они могут иметь изогнутую форму, например спиральную форму, предпочтительно с диаметром спирали менее 1 мм.

Усиливающие волокна могут представлять собой непрерывные волокна или штапельные волокна с минимальной длиной, составляющей 5 мм. Металлические волокна могут быть выбраны из алюминиевых, медных, серебряных или стальных волокон, имеющих диаметр от 10 до 200 мкм, предпочтительно от 20 до 100 мкм.

Предпочтительно первое общее направление волнообразного рисунка и/или изогнутой формы усиливающих волокон образует угол относительно направления второго рисунка гофрирования, определяющий геометрию сечения канала пластины теплообменника. Предпочтительно они образуют угол от 45 до 90°, более предпочтительно угол от 85 до 90° и наиболее предпочтительно угол около 90° относительно друг друга.

На этапе с) или, в частности, на этапах с1) и с2), но, главным образом, на этапе с2), обеспечивается выпрямление не прямых усиливающих волокон. В частности, обеспечивается растяжение и, таким образом, распрямление профиля волнообразного рисунка и/или изогнутой формы, т.е. амплитуда волнообразного рисунка уменьшается, а его период увеличивается, и/или диаметр изогнутой/спиральной формы уменьшается, а ее период (или шаг) увеличивается. Как только не прямые углеродные и/или металлические волокна будут полностью распрямлены, дальнейшее растяжение листового элемента вдоль первого общего направления будет предотвращено.

Кроме того, при нагревании листового элемента до температуры, превышающей температуру размягчения термопластичных полимерных волокон, до или во время этапа с) или, в частности, до или во время этапов с1) и/или с2), термопластичные волокна будут деформированы в результате воздействия на них локального растяжения и/или изгиба. После этапа с) формования или этапов с1) и с2) формования, постоянная деформация термопластичных полимерных волокон будет способствовать устойчивости размеров, т.е. сохранению формы, элемента энтальпийного теплообменника.

Предпочтительно, если в листовый элемент включены углеродные волокна, они проходят вдоль второго направления второго (основного) рисунка гофрирования. Таким образом, во время этапа с) формования или во время подэтапа с2) формования углеродные волокна не подвергаются изгибанию. Однако они способствуют общей прочности листового элемента до и после этапа с) или с2) формования.

Предпочтительно, если в листовый элемент включены металлические волокна, они могут проходить вдоль любых направлений внутри листового элемента. Таким образом, во время этапа с) формования или во время подэтапа с2) формования, металлические волокна будут подвергаться изгибанию под условиями холодной деформации металла, даже при нагревании листового элемента до температуры, превышающей температуру размягчения термопластичных полимерных волокон. После этапа с) формования или этапов с1) и с2) формования постоянная деформация металлических волокон будет способствовать устойчивости размеров, т.е. сохранению формы, элемента энтальпийного теплообменника.

Предпочтительно диаметр волокон полотна составляет от 1 до 40 мкм, более предпочтительно от 3 до 40 мкм и наиболее предпочтительно от 5 до 20 мкм. В результате при ламинировании полотна тонкой полимерной пленкой с характеристиками пропускания водяного пара на этапе b) ламинирования, волокна полотна, находящиеся в непосредственном контакте с тонкой полимерной пленкой, будут покрывать только небольшой участок поверхности тонкой полимерной пленки, таким образом уменьшая блокирование тонкой полимерной пленки. Кроме того, даже при отсутствии постоянной деформации, как описано выше для термопластичных полимерных волокон или металлических волокон, любые волокна полотна, подвергающиеся упругому изгибу на этапе с), будут обладать высокой степенью гибкости, что помогает облегчить выполнение этапа с) формования.

Предпочтительно значения линейной плотности массы (веса филаментов) волокон или филаментов полотна внутри листового элемента и, в частности, волокон на не ламинированной поверхности листового элемента, могут составлять от 1 дтекс до 10 дтекс (1 текс = 1 г/1000 м; 1 дтекс = 1 г/10000 м). Такие тонкие волокна характеризуются сильным капиллярным эффектом, который позволяет им быстрее переносить влагу. Кроме того, при использовании на поверхности листа или на обеих поверхностях листа они обеспечивают более гладкую и менее абразивную поверхность. Во-первых, это помогает снизить риск повреждения очень тонкого смежного функционального слоя мембраны, ламинированного на соответствующую поверхность. Во-вторых, это помогает предотвратить образование какого-либо воздушного граничного слоя на поверхности не ламинированного листа.

Волокна полотна могут иметь по существу круглые, треугольные или овальные поперечные сечения. Кроме того, волокна полотна могут иметь X-образные или звездообразные поперечные сечения. Полотно может включать волокна, имеющие различные поперечные сечения, предпочтительно выбранные из упомянутых типов поперечных сечений.

Кроме того, полотно может включать поверхностное пропиточное вещество, предпочтительно термопластичный или терморезактивный полимер, для улучшения структурной стабильности после этапа формования. Дополнительно или альтернативно полотно может включать поверхностное пропиточное вещество, которое может быть поперечно-сшитым после этапа с) формования, предпочтительно смолой, которая может быть отверждена ультрафиолетовым облучением после этапа с) формования.

Полотно или элемент энтальпийного теплообменника может включать слой, обработанный гидрофобным веществом, на одной из своих сторон и тонкую полимерную пленку на другой стороне, т.е. односторонняя пропитка водоотталкивающим средством.

Это может быть достигнуто путем ламинирования только одной стороны полотна тонкой полимерной пленкой с характеристиками пропускания водяного пара на этапе b) и обеспечения гидрофобизирующей обработки другой стороны полотна до, во время или после этапа b) ламинирования. Гидрофобизирующая обработка может быть осуществлена даже после этапа с) формования.

Предпочтительно гидрофобизирующую обработку полотна осуществляют перед этапом b) ламинирования, т.е. до, во время или после этапа a) обеспечения. Это предотвращает случайную гидрофобность поверхности тонкой полимерной пленки с характеристиками пропускания водяного пара, обращенной к полотну.

Полотно или элемент энтальпийного теплообменника может включать гидрофобно-обработанный слой на его обеих сторонах и тонкую полимерную пленку внутри, проходящую между ними и "параллельную" первому гидрофобно-обработанному слою и второму гидрофобно-обработанному слою полотна или элемента энтальпийного теплообменника, т.е. двойная пропитка водоотталкивающим средством.

Это может быть достигнуто посредством следующих этапов:

во-первых, обеспечение гидрофобизирующей обработки одной стороны первого полотна или всего первого полотна до, во время или после любого этапа б) ламинирования;

во-вторых, обеспечение гидрофобизирующей обработки одной стороны второго полотна или всего второго полотна до, во время или после любого этапа б) ламинирования;

в-третьих, ламинирование одной стороны первого полотна первой стороной из тонкой полимерной пленки с характеристиками пропускания водяного пара;

в-четвертых, ламинирование одной стороны второго полотна второй стороной тонкой полимерной пленки с характеристиками пропускания водяного пара, образуя многослойную структуру, в которой тонкая полимерная пленка расположена между первым полотном и вторым полотном.

В заключение, в соответствии с этапом с) этот ламинированный листовой элемент, имеющий многослойную структуру типа первое полотно / тонкая пленка / второе полотно, формуют в желаемую форму, характеризующуюся трехмерным рисунком гофрирования.

Предпочтительно этапы три и четыре осуществляют одновременно, т.е. совместное ламинирование или одноэтапное ламинирование первого полотна и второго полотна одной тонкой полимерной пленкой с характеристиками пропускания водяного пара, обеспечивающее многослойную структуру с тонкой полимерной пленкой, расположенной между указанными двумя листами полотна.

Предпочтительно гидрофобизирующую обработку первого полотна и/или второго полотна осуществляют перед любым этапом б) ламинирования, т.е. до, во время или после этапа а) обеспечения полотна. Аналогично, это предотвращает случайную гидрофобность поверхности, обращенной к полотну, т.е. к первому полотну или второму полотну, любой тонкой полимерной пленки с характеристиками пропускания водяного пара.

Вместо этого гидрофобизирующая обработка первого полотна и/или второго полотна может быть осуществлена после этапа с) формования.

Листовой элемент может состоять из одного слоя полотна, содержащего любое из сочетаний волокон, упомянутых в предыдущем параграфе. Альтернативно, листовой элемент может состоять из нескольких, предпочтительно двух или трех, расположенных друг на друга слоев полотна, прикрепленных друг к другу, и причем каждый из них содержит одно отличающееся сочетание волокон из упомянутых в предыдущем параграфе.

Несколько расположенных друг на друге слоев полотна могут иметь разные значения массы филaments. Они могут содержать первый слой, содержащий относительно тонкие филaments, например, от 1 до 10 дтекс, и второй слой, содержащий относительно грубые филaments, например, от 10 до 40 дтекс.

Предпочтительно второй слой с более грубыми или более тяжелыми филamentsами прикреплен к тонкой полимерной пленке (мембране), обеспечивая небольшую площадь непосредственного контакта между поверхностью листового элемента и прикрепленной к нему тонкой полимерной пленкой, таким образом увеличивая площадь активной поверхности мембраны тонкой полимерной пленки. Предпочтительно по меньшей мере часть более тяжелых филaments является двухкомпонентными волокнами, обеспечивающими возможность прикрепления тонкой полимерной пленки к поверхности листового элемента с меньшим количеством клея или вообще без клея.

Альтернативно, в зависимости от типа филaments, может быть преимущественным, если первый слой с более тонкими филamentsами контактирует с тонкой полимерной пленкой (мембраной) и прикреплен к ней, обеспечивая гладкую поверхность поверхности взаимодействия между листовым элементом и тонкой полимерной пленкой, которая не повреждает полимерную пленку во время этапа с) формования, на котором образуют рисунок гофрирования, или во время подэтапа с2) формования, на котором образуют второй рисунок гофрирования, или во время конечного использования.

Вне зависимости от его положения внутри листового элемента, второй слой с более тяжелыми или более толстыми филamentsами обеспечит открытый и высоко проницаемый для воздуха и пара слой листового элемента.

Кроме того, листовой элемент может содержать тонкие филaments или волокна с высокими фитильными свойствами для улучшения переноса влаги через листовый элемент. Предпочтительно при измерении в соответствии со стандартом DIN 53924 тонкие филaments или волокна демонстрируют значения высоты подъема по меньшей мере от 30 до 60 мм через 30 с, а более предпочтительно значения высоты подъема по меньшей мере от 40 до 60 мм через 30 с.

Если формование на этапе с) или на этапе с2) осуществляют посредством вакуумного формования с помощью верхнего гофрировочного инструмента, листовой элемент может иметь асимметричную структуру по всей своей толщине. В частности, он может содержать слой с относительно тонкими филamentsами на стороне вакуумирования, обеспечивающими хорошее повторение геометрии формы, и относительно грубые филaments, обращенные к верхнему гофрировочному инструменту, обеспечивающие тре-

буемую структурную прочность листового элемента.

Листовой элемент может содержать слой нетканого полотна и слой тканого полотна, прикрепленные друг к другу. Предпочтительно тканое полотно имеет анизотропную структуру и соответствующие анизотропные механические свойства, как описано выше.

Часть волокон внутри листового элемента, предпочтительно от 5 до 60 мас.%, могут являться полыми волокнами. Часть волокон внутри листового элемента, предпочтительно от 20 до 70 мас.%, могут являться двухкомпонентными волокнами. Эти двухкомпонентные волокна могут иметь круглые и/или некруглые поперечные сечения.

Часть волокон внутри листового элемента, предпочтительно от 5 до 60 мас.%, могут являться гидрофильными волокнами, имеющими высокие фитильные свойства для увеличения переноса влаги. Предпочтительно такие фитильные волокна являются гидрофильными на своей поверхности и гидрофобными в своем центре.

Часть волокон внутри листового элемента, предпочтительно от 5 до 30 мас.%, могут являться водопоглощающими волокнами, предпочтительно гидрополимерами, для создания водяного буфера для избыточной влажности.

Листовой элемент может иметь текстурную поверхность и/или интегрированную сетчатую структуру. В результате этот тип листового элемента будет покрывать минимальную площадь поверхности смежной тонкой полимерной пленки, прикрепленной к листовому элементу. Интегрированная сетчатая структура может представлять собой описанный выше первый или усиливающий рисунок гофрирования, образованный на первом этапе с1) формования.

В дополнение к вышеописанным мерам повышения структурной прочности листового элемента или в качестве альтернативы им,

1) гидросцепление и/или гидросплетение; и/или

2) текстурирование поверхности; и/или

3) интеграция сетчатой структуры с рисунком, адаптированным к геометрии второго или основного рисунка гофрирования, может быть применено к еще не ламинированному листовому элементу перед последующим ламинированием.

В дополнение к вышеописанным мерам повышения структурной прочности и формовочных свойств листового элемента, или в качестве альтернативы им, листовой элемент может быть выполнен с распределением анизотропного волокна, обеспечивающим более высокую общую прочность листового элемента и/или более высокую прочность в предпочтительном направлении листового элемента. В частности, как упомянуто выше, распределение анизотропных волокон может быть обеспечено по меньшей мере одним из углеродных волокон, металлических волокон или термопластичных полимерных волокон, включенных по меньшей мере в один из нескольких слоев листового элемента.

Предпочтительно металлические волокна и/или термопластичные полимерные волокна ориентированы в близком к ортогональному отношению относительно второго направления второго (основного) рисунка гофрирования, или они могут проходить вдоль любых направлений внутри листового элемента. Предпочтительно углеродные волокна ориентированы параллельно второму направлению второго (основного) рисунка гофрирования.

Этап b) ламинирования может включать присоединение, предпочтительно термическое присоединение, сварку и/или приклеивание тонкой полимерной пленки к листовому элементу. Предпочтительно термопластичное клеящее вещество (термоплавкое безрастворное клеящее вещество), термоотверждающееся клеящее вещество или отверждаемое ультрафиолетовым излучением клеящее вещество используют для соединения между полимерной пленкой и листовым элементом.

В предпочтительном варианте осуществления тонкая полимерная пленка представляет собой монолитную мембрану, т.е. мембрану без пор, характеризующуюся механизмом переноса растворения-диффузии для отдельных молекул воды. Предпочтительно эта монолитная мембрана имеет максимальное удлинение от 100 до 300%, более предпочтительно от 150 до 200%.

В другом предпочтительном варианте осуществления тонкая полимерная пленка представляет собой многослойную пленку, содержащую последовательность полимерных слоев различных типов полимеров. Таким образом, с несколькими данными типами полимеров могут быть сконструированы и изготовлены тонкие полимерные пленки с различными характеристиками пропускания водяного пара.

Предпочтительно тип полимера каждого полимерного слоя выбирают из группы, состоящей из полиэфир-эфирного сополимера, полиэфирамида и полиэфироуретана.

Предпочтительно общая толщина тонкой полимерной многослойной пленки составляет от 5 до 200 мкм, более предпочтительно от 10 до 150 мкм.

Толщина каждого отдельного полимерного слоя внутри тонкой полимерной многослойной пленки может составлять от 1 до 20 мкм, предпочтительно от 4 до 20 мкм и наиболее предпочтительно от 4 до 15 мкм.

Первая тонкая полимерная пленка и вторая тонкая полимерная пленка могут быть идентичны друг другу. Альтернативно, первая тонкая полимерная пленка и вторая тонкая полимерная пленка могут отличаться друг от друга.

Листовой элемент может представлять собой полотно, предпочтительно нетканое полотно.

Часть, предпочтительно по меньшей мере 50 мас.%, волокон полотна могут представлять собой многокомпонентные, предпочтительно двухкомпонентные волокна.

Этап b) ламинирования может включать по меньшей мере одно из соединения, предпочтительно термического соединения, сварки и склеивания тонкой полимерной пленки с листовым элементом.

По меньшей мере одна тонкая полимерная пленка на указанной по меньшей мере одной стороне листового элемента может представлять собой воздухонепроницаемую полимерную пленку.

Тонкая полимерная пленка может представлять собой многослойную пленку, содержащую последовательность полимерных слоев различных типов полимеров.

Тип полимера каждого полимерного слоя может быть выбран из группы, состоящей из полиэфирэфирного сополимера, полиэфирамида и полиэфироуретана.

Этап c) формования может представлять собой этап термоформования, предпочтительно этап вакуумного формования или этап гофрирования.

Предпочтительно на этапе c) термоформования обеспечивают и используют первую деталь формы, имеющую первые гофрированные образования, образующие или совместно образующие заранее заданный рисунок гофрирования элемента энтальпийного теплообменника, подлежащего изготовлению.

Предпочтительно на этапе c) термоформования обеспечивают и используют вторую деталь формы, имеющую вторые гофрированные образования, являющиеся ответными первым гофрированным образованиям, совместно образующие заранее заданный рисунок гофрирования элемента (E, E') энтальпийного теплообменника, подлежащего изготовлению.

Предпочтительно сопла, соединенные с источником сжатого воздуха, обеспечивают и используют на этапе c) термоформования.

Предпочтительно сопла расположены рядом с первой деталью формы и/или второй деталью формы.

В общем, полимерная пленка (пленки) или полимерный слой (слои) должен быть максимально тонким для высоких скоростей переноса. В конфигурации элемента энтальпийного теплообменника в соответствии с изобретением, ограничивающий слой для переноса водяного пара представляет собой трехмерный листовой элемент, расположенный рядом с указанным одним полимерным ламинированным материалом или между указанными двумя полимерными ламинированными материалами. Для достижения механической прочности и надежности ламинированного материала (материалов), с одной стороны, и высоких скоростей переноса, с другой стороны, выбирают конфигурацию с толщиной полимерной пленки (ламинированного материала) от 1 до 20 мкм, предпочтительно от 4 и 20 мкм и наиболее предпочтительно от 4 до 15 мкм. Кроме того, трехмерный листовой элемент является как можно более тонким и максимально проницаемым. Предпочтительно листовой элемент представляет собой полотно, имеющее толщину от 200 до 600 мкм, предпочтительно от 300 до 500 мкм. Предпочтительно листовой элемент представляет собой полотно, имеющее объемное содержание волокна от 10 до 65% объема полотна, предпочтительно от 20 до 50% объема полотна.

Предпочтительно термопластичный полимер (полимеры) тонкой полимерной пленки не содержит пластификатора. Вместо этого тонкая полимерная пленка может включать биоцид (бактерицид и/или фунгицид). Биоцид может способствовать предотвращению роста бактерий и грибов на полимере и, таким образом, продлевать срок эксплуатации без очистки.

Как упомянуто выше в отношении термопластичного полимера, этап c) формования может представлять собой этап гофрирования или этап термоформования, предпочтительно этап вакуумного формования. По меньшей мере первая деталь формы (например, нижний инструмент), имеющая первые гофрированные образования, совместно образующие заранее заданный рисунок гофрирования элемента энтальпийного теплообменника, подлежащего изготовлению, обеспечивают на этапе термоформования. В дополнение к указанной по меньшей мере первой детали формы, вторая деталь формы (например, верхний инструмент), имеющая вторые гофрированные образования, являющиеся ответными первым гофрированным образованиям, и/или формирующий вакуум, совместно определяющий заранее заданный рисунок гофрирования элемента энтальпийного теплообменника, подлежащего изготовлению, обеспечивают на этапе термоформования.

Предпочтительно до фактической операции формования ламинированного листового элемента при определенной заранее заданной температуре формования первой детали формы или при определенных заранее заданных температурах формования первой и второй деталей формы, ламинированный листовой элемент предварительно нагревают до температуры предварительного нагрева, которая на несколько градусов ниже температуры формования, предпочтительно до температуры предварительного нагрева на 5-30 К ниже его температуры формования, более предпочтительно на 10-20 К ниже его температуры формования. Для гофрирования, температура предварительного нагрева ламинированного листа может быть ниже. Предпочтительно для гофрирования, температура предварительного нагрева на 10-40 К ниже температуры формования, более предпочтительно на 15-30 К ниже температуры формования ламинированного листа.

Предпочтительно перед этапом формования ламинированный лист предварительно нагревают по всей его толщине до однородной температуры предварительного нагрева. Это позволяет нагревать все

полимерные волокна до температуры, близкой к температуре их размягчения или плавления. Предпочтительно полотно внутри ламинированного листа содержит многокомпонентные волокна, имеющие первый полимерный материал на своей поверхности и второй полимерный материал внутри многокомпонентных волокон, причем первый полимерный материал имеет более низкую температуру размягчения или плавления, чем второй полимерный материал. Предпочтительно многокомпонентные волокна представляют собой двухкомпонентные волокна.

Предпочтительно по меньшей мере многокомпонентные волокна содержат полимерный материал, имеющий полярные функциональные группы. Более предпочтительно по меньшей мере первый полимерный материал на поверхности многокомпонентных волокон содержит полярные функциональные группы. Альтернативно, только первый полимерный материал на поверхности многокомпонентных волокон содержит полярные функциональные группы.

Предпочтительно при включении многокомпонентных волокон в ламинированный лист, температура предварительного нагрева ламинированного листа является температурой между температурой плавления или температурой размягчения первого полимерного материала многокомпонентных волокон на их поверхности и температурой плавления или температуры размягчения второго полимерного материала внутри многокомпонентных волокон.

Альтернативно, при включении многокомпонентных волокон в ламинированный лист, температура предварительного нагрева ламинированного листа представляет собой температуру между температурой плавления первого полимерного материала многокомпонентных волокон на их поверхности и температурой плавления второго полимерного материала внутри многокомпонентных волокон.

Предпочтительно температура формования обеспечивается внутренним нагревом первой и/или второй деталей формы.

Предпочтительно температура предварительного нагрева обеспечивается посредством воздействия электромагнитного излучения (например, на инфракрасных или микроволновых частотах) и/или механических волн (например, на ультразвуковых частотах) на еще не сформованный ламинированный лист.

Изобретение также обеспечивает элемент энтальпийного теплообменника, предпочтительно изготовленный с использованием способа, определенного в предыдущих параграфах, включая листовой элемент и заранее заданный рисунок гофрирования, в котором первую тонкую полимерную пленку ламинируют на первую сторону листового элемента и/или вторую тонкую полимерную пленку ламинируют на вторую сторону листового элемента, причем обе тонкие полимерные пленки имеют характеристики пропускания водяного пара.

Первая тонкая полимерная пленка и вторая тонкая полимерная пленка могут быть идентичны друг другу. Если обе стороны листового элемента ламинированы, обеспечивается элемент энтальпийного теплообменника, имеющий превосходные гигиенические свойства. Если ламинирована только одна сторона листового элемента, термопластичный полимер листового материала предпочтительно подвергают гидрофобизирующей обработке и/или он включает в себя биоцид (бактерицид и/или фунгицид) и, аналогично, обеспечивается элемент энтальпийного теплообменника, имеющий превосходные гигиенические свойства.

Первая тонкая полимерная пленка и вторая тонкая полимерная пленка могут отличаться друг от друга. Это обеспечивает дополнительную свободу для регулировки и оптимизации характеристик переноса тепла и влаги элемента энтальпийного теплообменника.

В заключение, изобретение предлагает энтальпийный теплообменник, содержащий по меньшей мере три листообразных или пластинчатых элемента энтальпийного теплообменника, как определено в любом из предыдущих параграфов, которые расположены друг на друге и прикреплены друг к другу с их соответствующими рисунками гофрирования в ортогональной или параллельной ориентации для образования ортогональных или параллельных путей текучих сред, выполненных с возможностью протекания текучих сред через них. Отдельные элементы энтальпийного теплообменника могут быть прикреплены друг к другу и уплотнены посредством сварки, предпочтительно, с использованием прижимной сварки или лазерной сварки, и/или склеивания, предпочтительно с использованием эпоксидной смолы.

Для решения этой задачи изобретение обеспечивает способ изготовления энтальпийного теплообменника, включающий следующие этапы:

- a) обеспечение воздухопроницаемого листового элемента;
- b) ламинирование по меньшей мере одной стороны листового элемента тонкой полимерной пленкой с характеристиками пропускания водяного пара;
- c) формование ламинированного листового элемента в желаемую форму, характеризующуюся трехмерным рисунком гофрирования;
- d) повторение этапов a), b) и c) для получения множества ламинированных и сформованных листовых элементов, характеризующихся трехмерным рисунком гофрирования;
- e) расположение множества ламинированных и сформованных листовых элементов друг на друге; и
- f) прикрепление расположенных друг на друге ламинированных и сформованных листовых элементов друг к другу.

В первом варианте ламинированные и сформованные листовые элементы располагают друг на дру-

ге так, что рисунки гофрирования смежных элементов в стопке параллельны друг другу. В результате получается противоточный энтальпийный теплообменник.

Во втором варианте ламинированные и сформованные листовые элементы расположены друг на друге так, что рисунки гофрирования смежных элементов в стопке ортогональны друг другу. В результате получается энтальпийный теплообменник с поперечным потоком.

Предпочтительно способ включает следующие этапы:

- a1) обеспечение первого воздухопроницаемого листового элемента;
- b1) ламинирование по меньшей мере одной стороны первого листового элемента тонкой полимерной пленкой с характеристиками пропускания водяного пара;
- c1) формование первого ламинированного листового элемента в первую желаемую форму, характеризующуюся первым трехмерным рисунком гофрирования;
- d1) повторение этапов a1), b1) и c1) для образования множества ламинированных и сформованных листовых элементов первого типа, характеризующихся первым трехмерным рисунком гофрирования;
- a2) обеспечение второго воздухопроницаемого листового элемента;
- b2) ламинирование по меньшей мере одной стороны второго листового элемента тонкой полимерной пленкой с характеристиками пропускания водяного пара;
- c2) формование второго ламинированного листового элемента во вторую желаемую форму, характеризующуюся вторым трехмерным рисунком гофрирования;
- d2) повторение этапов a2), b2) и c2) для образования множества ламинированных и сформованных листовых элементов второго типа, характеризующихся вторым трехмерным рисунком гофрирования;
- e) расположение множества ламинированных и сформованных листовых элементов первого типа и листовых элементов второго типа друг на друге таким образом, чтобы образовать стопку с чередующимися листовыми элементами первого типа и листовыми элементами второго типа; и
- f) прикрепление расположенных друг на друге ламинированных и сформованных листовых элементов друг к другу.

Предпочтительно листовые элементы первого типа имеют первую форму, а листовые элементы второго типа имеют вторую форму, являющуюся ответной первой форме. В частности, листовые элементы первого типа являются правосторонними листовыми элементами, а листовые элементы второго типа являются левосторонними листовыми элементами.

В нижеследующем описании два неограничивающих варианта реализации изобретения описаны более подробно ниже со ссылкой на чертежи, на которых

на фиг. 1 показано схематическое изображение способа изготовления элементов энтальпийного теплообменника в соответствии с изобретением;

на фиг. 2 показано схематическое изображение энтальпийного теплообменника в соответствии с изобретением или его части, содержащей множество элементов энтальпийного теплообменника в соответствии с изобретением;

на фиг. 3 показан микроснимок, полученный посредством РЭМ (растровой электронной микроскопии), вида в поперечном разрезе участка промежуточного изделия, изготовленного в ходе способа изготовления элемента энтальпийного теплообменника в соответствии с изобретением;

на фиг. 4 показан микроснимок, полученный посредством РЭМ, вида в поперечном разрезе участка элемента энтальпийного теплообменника, изготовленного посредством способа в соответствии с изобретением;

на фиг. 5 показан микроснимок, полученный посредством РЭМ, аналогичный микроснимку, изображенному на фиг. 3, изображающий вид в поперечном разрезе меньшего участка промежуточного изделия, изготовленного в ходе способа изготовления элемента энтальпийного теплообменника в соответствии с изобретением, в большем масштабе;

на фиг. 6 показан микроснимок, полученный посредством РЭМ, аналогичный микроснимку, изображенному на фиг. 4, изображающий вид в поперечном разрезе большего участка элемента энтальпийного теплообменника, изготовленного посредством способа в соответствии с изобретением, в меньшем масштабе;

на фиг. 7 показан схематический перспективный вид, изображающий правосторонний листовой элемент энтальпийного теплообменника согласно первому варианту реализации в соответствии с изобретением;

на фиг. 8 показан схематическая вид в горизонтальной проекции, изображающий правосторонний листовой элемент энтальпийного теплообменника согласно первому варианту реализации в соответствии с изобретением;

на фиг. 9 показан схематический перспективный вид, изображающий левосторонний листовой элемент энтальпийного теплообменника согласно второму варианту реализации в соответствии с изобретением;

на фиг. 10 показан схематический вид в горизонтальной проекции, изображающий левосторонний листовой элемент энтальпийного теплообменника согласно второму варианту реализации в соответствии с изобретением;

на фиг. 11 показан схематический перспективный вид, изображающий правосторонний листовой элемент энтальпийного теплообменника согласно второму варианту реализации в соответствии с изобретением;

на фиг. 12 показан схематический вид в горизонтальной проекции, изображающий правосторонний листовой элемент энтальпийного теплообменника согласно второму варианту реализации в соответствии с изобретением; и

на фиг. 13 показан схематический вид в горизонтальной проекции, изображающий пару листовых элементов энтальпийного теплообменника, расположенных сверху друг на друге, один из которых представляет собой левосторонний листовой элемент энтальпийного теплообменника, как показано на фиг. 10, а другой - правосторонний листовой элемент энтальпийного теплообменника, как показано на фиг. 12.

на фиг. 1 показано схематическое изображение способа изготовления элементов энтальпийного теплообменника в соответствии с изобретением. Показаны поперечные сечения промежуточных изделий, т.е. результаты каждого из этапов S1, S2 и S3.

На первом этапе S1 обеспечивают воздухопроницаемый листовой элемент 1, имеющий пустоты или отверстия 2.

На втором этапе S2 обе стороны 1a, 1b листового элемента 1 ламинируют тонкой полимерной пленкой 3, 4 с характеристиками пропускания водяного пара.

На третьем этапе S3 ламинированный листовой элемент 1 формуют в желаемую форму, характеризующуюся трехмерным рисунком 5 гофрирования.

Листовой элемент 2 представляет собой нетканое полотно, содержащее только термопластичные волокна или сочетание терморективных волокон и термопластичных волокон. Полотно может содержать двухкомпонентные волокна вместе со стандартными терморективными и/или термопластичными волокнами.

Тонкая полимерная пленка 3, 4 представляет собой многослойную пленку, которая может содержать последовательность (не показана) полимерных слоев различных типов полимеров.

Этап S3 формования является этапом термоформования, предпочтительно этапом вакуумного формования.

На этапе S3 термоформования используют по меньшей мере первую деталь формы (например, нижний инструмент, не показанный), имеющую первые гофрированные образования, совместно образующие заранее заданный рисунок 5 гофрирования элемента E, E' энтальпийного теплообменника, подлежащего изготовлению. В дополнение к указанной по меньшей мере первой детали формы, на этапе S3 термоформования используют вторую деталь формы (например, верхний инструмент, не показанный), имеющую вторые гофрированные образования, являющиеся ответными первым гофрированным образованиям, и/или формирующий вакуум, совместно определяющий заранее заданный рисунок гофрирования элемента E, E' энтальпийного теплообменника, подлежащего изготовлению.

Полученный в результате элемент E энтальпийного теплообменника, имеющий первую тонкую полимерную пленку 3 на первой стороне 1a листового элемента 1 и вторую тонкую полимерную пленку 4 на второй стороне 1b листового элемента 1 содержит гофрированную структуру 5 с чередующимися сжатыми участками 5a и сжатыми/растянутыми участками 5b. Сжатый участок 5a проходит в первом направлении (горизонтальное направление на фиг. 1), а сжатые/растянутые участки 5b проходят во втором направлении, отличном от первого направления. Предпочтительно угол α между первым направлением и вторым направлением в рисунке 5 гофрирования элемента E энтальпийного теплообменника составляет от 90 до 120°, предпочтительно от 95 до 105°, пример которого показан на фиг. 1. Альтернативно, в отличие от примера, показанного на фиг. 1, угол α между первым направлением и вторым направлением в рисунке 5 гофрирования элемента E энтальпийного теплообменника составляет от 80 до 90°, предпочтительно от 85 до 90°.

На фиг. 2 показано схематическое изображение энтальпийного теплообменника E1-E2-E3 первого типа или энтальпийного теплообменника E1'-E2'-E3' второго типа в соответствии с изобретением. Первый тип E1-E2-E3 включает множество элементов E1, E2, E3 энтальпийного теплообменника, причем первая тонкая полимерная пленка 3 и вторая тонкая полимерная пленка 4 (фиг. 1) представляют собой пленки одного типа. Второй тип E1'-E2'-E3' включает множество элементов E1', E2', E3' энтальпийного теплообменника, причем первая тонкая полимерная пленка 3 и вторая тонкая полимерная пленка 4 (фиг. 1) представляют собой пленки разных типов, включая случай, когда одна из двух указанных пленок 3, 4 имеет нулевую толщину, т.е. элемент энтальпийного теплообменника содержит только одну тонкую полимерную пленку 3 или 4 на одной стороне 1a или 1b листового элемента 1.

На фиг. 2 наружные стенки корпуса/упаковки энтальпийного теплообменника E1-E2-E3 или E1'-E2'-E3' не показаны. Впускные/выпускные участки для воздуха (не показаны) энтальпийного теплообменника E1-E2-E3 или E1'-E2'-E3' оснащены схемами распределения воздуха таким образом, чтобы обеспечивать противоположные направления воздушного потока в смежных воздуховодах в энтальпийном теплообменнике E1-E2-E3 или E1'-E2'-E3', как показано символом O, обозначающим воздушный поток по направлению к наблюдателю, и символом X, обозначающим воздушный поток по направлению от наблю-

дателя.

На фиг. 3 показан микроснимок, полученный посредством РЭМ (растровой электронной микроскопии), вида в поперечном разрезе воздухопроницаемого листового элемента 1, на верхнюю сторону 1a которого ламинирована первая тонкая полимерная пленка 3 и на нижнюю сторону 1b которого ламинирована вторая тонкая полимерная пленка 4 в результате этапа b) способа в соответствии с изобретением.

Этап b) ламинирования может включать соединение, предпочтительно тепловое соединение и/или склеивание, тонких полимерных пленок 3, 4 с листовым элементом 1. Термопластичное клеящее вещество (термоплавкое безрастворное клеящее вещество) может быть использовано для соединения между полимерной пленкой 3 и 4 и листовым элементом 1.

Листовой элемент 1 представляет собой нетканое полотно, содержащее множество волокон 6. Волокна 6 могут являться только термопластичными волокнами или сочетанием термореактивных волокон и/или минеральных волокон, с одной стороны, и термопластичными волокнами, с другой стороны. Наиболее предпочтительно полотно включает многокомпонентные или двухкомпонентные волокна вместе со стандартными термофиксированными и/или термопластичными волокнами. Как лучше всего видно из сравнения фиг. 3 с фиг. 4, волокна 6 листового элемента 1 из нетканого полотна, показанного на фиг. 3, упакованы менее плотно, чем волокна 6 листового элемента 1 из нетканого полотна элемента энтальпийного теплообменника, показанного на фиг. 4.

На фиг. 4 показан микроснимок, полученный посредством РЭМ, вида в поперечном разрезе участка элемента E энтальпийного теплообменника, изготовленного посредством придания ламинированному листовому элементу 1 по фиг. 3 желаемой формы, характеризующейся трехмерным рисунком гофрирования в результате этапа c) способа в соответствии с изобретением.

Этап c) формования может представлять собой этап гофрирования или этап термоформования, предпочтительно этап вакуумного формования. На этапе термоформования обеспечивают и используют по меньшей мере первую деталь формы (например, нижний инструмент, не показанный), имеющую первые гофрированные образования, совместно образующие заранее заданный рисунок гофрирования элемента E, E' энтальпийного теплообменника, подлежащего изготовлению. В дополнение к указанной по меньшей мере первой детали формы, на этапе термоформования может быть обеспечена вторая деталь формы (например, верхний инструмент, не показанный), имеющая вторые гофрированные образования, являющиеся ответными первым гофрированным образованиям, и/или формирующий вакуум, совместно определяющий заранее заданный рисунок гофрирования элемента E, E' энтальпийного теплообменника, подлежащего изготовлению.

Первая деталь формы (например, нижний инструмент) может содержать сопла или сквозные отверстия, пневматически соединенные с источником вакуума, обеспечивающим вакуум для стадии вакуумного формования.

В дополнение к первой детали формы и/или второй детали формы, используемых на этапе c) формования, для поддержания вакуумного действия на этапе вакуумного формования предпочтительно могут быть предусмотрены сопла, соединенные с источником сжатого воздуха. Эти сопла могут быть предусмотрены вблизи, предпочтительно рядом с первой деталью формы и/или второй деталью формы. Предпочтительно источник сжатого воздуха содержит воздухонагревательное устройство для нагревания сжатого воздуха.

Совмещенное использование первого инструмента и источника вакуума на этапе c) термоформования может быть дополнено вторым инструментом и/или источником сжатого воздуха, предпочтительно с устройством для нагревания воздуха. В результате, используя по меньшей мере некоторые из этих добавок, листовый элемент 1, ламинированный первой тонкой полимерной пленкой 3 и необязательной второй тонкой полимерной пленкой 4, может быть сильнее прижат к первым гофрированным образованиям первой детали формы, таким образом обеспечивая элемент E энтальпийного теплообменника с лучшей копией первых гофрированных образований первой детали формы, определяющих или совместно определяющих заранее заданный рисунок гофрирования элемента E энтальпийного теплообменника, подлежащего изготовлению.

Волокна 6 листового элемента 1 элемента E энтальпийного теплообменника гораздо плотнее упакованы, чем волокна листового элемента 1 на фиг. 3. На этапе c) гофрирования или термоформования плотный листовый элемент 1 с его первой тонкой полимерной пленкой 3 и его второй тонкой полимерной пленкой 4 сжимают и нагревают. По меньшей мере термопластичные волокна или многокомпонентные или двухкомпонентные волокна множества волокон 6 размягчают или частично расплавляют на этапе c) гофрирования или термоформования. В результате, после охлаждения и отверждения термопластичных волокон или многокомпонентных или двухкомпонентных волокон множества волокон 6 плотный листовый элемент 1 с его первой тонкой полимерной пленкой 3 и его второй тонкой полимерной пленкой 4 преобразуется в элемент E энтальпийного теплообменника в соответствии с изобретением с более компактной волокнистой структурой в плотном листовом элементе 1 и с трехмерным рисунком гофрирования.

На фиг. 5 показан микроснимок, полученный посредством РЭМ, аналогичный микроснимку, изображенному на фиг. 3, изображающий вид в поперечном разрезе в большем масштабе меньшего участка

воздухопроницаемого полотняного листового элемента 1, ламинированного первой тонкой полимерной пленкой 3 на своей верхней стороне 1a и ламинированного второй тонкой полимерной пленкой 4 на своей нижней стороне 1b в результате этапа b) способа в соответствии с изобретением.

На фиг. 6 показан микроснимок, полученный посредством РЭМ, аналогичный микроснимку, изображенному на фиг. 4, изображающий вид в поперечном разрезе большего участка элемента Е энтальпийного теплообменника, изготовленного посредством способа в соответствии с изобретением, в меньшем масштабе.

На фиг. 7 и фиг. 8 показан схематический перспективный вид и схематический вид в горизонтальной проекции, соответственно, правостороннего листового элемента PR энтальпийного теплообменника первого варианта реализации в соответствии с изобретением. Пластинчатый элемент PR энтальпийного теплообменника имеет область PF параллельного потока/противотока, содержащую гофрирование 5, первую область CF1 поперечного потока, расположенную выше по потоку от области PF параллельного потока/противотока, и вторую область CF2 поперечного потока, расположенную ниже по потоку от области PF параллельного потока/противотока. Множество таких правосторонних листовых элементов PR энтальпийного теплообменника и множество левосторонних листовых элементов PL энтальпийного теплообменника (не показано) расположены друг на друге таким образом, чтобы образовывать стопку энтальпийного теплообменника с чередующимися правосторонними листовыми элементами PR энтальпийного теплообменника и левосторонними листовыми элементами PL энтальпийного теплообменника.

В горизонтальной проекции первая и вторая области CF1 и CF2 перекрестного потока ограничены треугольной контурной линией, т.е. они имеют треугольную форму. Каждая область CF1 и CF2 поперечного потока содержит множество направляющих воздух стенок 15 и 16 соответственно. Направляющие воздух стенки 15 по существу параллельны друг другу и по существу параллельны одной стороне треугольной формы первой области CF1 поперечного потока. Аналогично, направляющие воздух стенки 16 по существу параллельны друг другу и параллельны одной стороне треугольной формы второй области CF2 поперечного потока. Направляющие воздух стенки 15 первой области CF1 поперечного потока и направляющие воздух стенки 16 второй области CF2 поперечного потока проходят в направлении, образующем угол β , приблизительно составляющий 45° , с направлением гофрирований 5 области PF параллельного потока/противотока. В результате, в стопке энтальпийного теплообменника с чередующимися правосторонними листовыми элементами PR энтальпийного теплообменника и левосторонними листовыми элементами PL энтальпийного теплообменника направляющие воздух стенки 15 смежных правосторонних и левосторонних листовых элементов PR и PL проходят в направлениях, образующих угол, приблизительно составляющий 90° относительно друг друга, таким образом определяя первую область CF1 поперечного потока стопки энтальпийного теплообменника. Подобным образом, в стопке энтальпийного теплообменника с чередующимися правосторонними листовыми элементами PR энтальпийного теплообменника и левосторонними листовыми элементами PL энтальпийного теплообменника, направляющие воздух стенки 16 смежных правосторонних и левосторонних листовых элементов PR и PL проходят в направлениях, образующих угол, приблизительно составляющий 90° относительно друг друга, таким образом определяя вторую область CF2 поперечного потока стопки энтальпийного теплообменника.

Первая переходная область 18 проходит между первой областью CF1 поперечного потока и областью PF параллельного потока/противотока. Вторая переходная область 19 проходит между второй областью CF2 поперечного потока и областью PF параллельного потока/противотока. Обе переходные области 18 и 19 содержат открытые концы и закрытые концы гофр 5, и параллельные воздуховоды, образованные гофрами, таким образом, что каждый канал с закрытым концом имеет смежный канал с открытым концом. Торцевая стенка каждого канала с закрытым концом имеет наклон таким образом, что стенка образует угол от 5° до 60° относительно продольного направления параллельных воздуховодов. В результате, в стопке энтальпийного теплообменника с чередующимися правосторонними листовыми элементами PR энтальпийного теплообменника и левосторонними листовыми элементами PL энтальпийного теплообменника сопротивление воздушному потоку уменьшено в первых переходных областях 18 стопки энтальпийного теплообменника и во вторых переходных областях 19 стопки энтальпийного теплообменника.

Пластинчатый элемент PR энтальпийного теплообменника имеет множество уступов вдоль своей наружной линии контура. В примере, изображенном на фиг. 7 и 8, пластинчатый элемент PR энтальпийного теплообменника содержит первый уступ 11, расположенный в углу первой треугольной области CF1 поперечного потока, второй уступ 12, расположенный приблизительно посередине вдоль области PF параллельного потока/противотока на одной его стороне, третий уступ 13, расположенный в углу второй треугольной области CF2 поперечного потока, и четвертый уступ 14, расположенный приблизительно посередине вдоль области PF параллельного потока/противотока, на другой его стороне. В результате, в стопке энтальпийного теплообменника с чередующимися правосторонними листовыми элементами PR энтальпийного теплообменника и левосторонними листовыми элементами PL энтальпийного теплообменника смежные листовые элементы энтальпийного теплообменника могут быть правильно позиционированы путем подгонки уступов 11, 12, 13, 14 правостороннего листового элемента PR энтальпийного

теплообменника к соответствующим ответным уступам 11, 12, 13, 14 смежного левостороннего листового элемента PL энтальпийного теплообменника. Другими словами, правосторонний листовый элемент PR находится в тесном взаимодействии со смежным левосторонним листовым элементом PL и плотно прилегает к нему перед необратимым соединением расположенных друг на друге листовых элементов друг с другом.

Кроме того, пластинчатый элемент PR энтальпийного теплообменника имеет изгиб 17, расположенный приблизительно на половине длины каждого канала, образованного гофрами 5. В результате, в стопке энтальпийного теплообменника с чередующимися правосторонними листовыми элементами PR энтальпийного теплообменника и левосторонними листовыми элементами PL энтальпийного теплообменника смежные листовые элементы энтальпийного теплообменника могут быть правильно позиционированы, и может быть предотвращено их соскальзывание друг в друга во время операции расположения их друг на друге.

На фиг. 9 и фиг. 10 показан схематический перспективный вид и схематический вид в горизонтальной проекции, соответственно, левостороннего листового элемента PL энтальпийного теплообменника второго варианта реализации в соответствии с изобретением. Пластинчатый элемент PR энтальпийного теплообменника имеет область PF' параллельного потока/противотока, содержащую гофрирование 5, первую область CF1' поперечного потока, расположенную ниже по потоку от области PF' параллельного потока/противотока, и вторую область CF2' поперечного потока, расположенную выше по потоку от области PF' параллельного потока/противотока.

На фиг. 11 и фиг. 12 показан схематический перспективный вид и схематический вид в горизонтальной проекции, соответственно, правостороннего листового элемента PR энтальпийного теплообменника второго варианта реализации в соответствии с изобретением. Пластинчатый элемент PR энтальпийного теплообменника имеет область PF параллельного потока/противотока, содержащую гофрирование 5, первую область CF1 поперечного потока, расположенную выше по потоку от области PF параллельного потока/противотока, и вторую область CF2 поперечного потока, расположенную ниже по потоку от области PF параллельного потока/противотока.

Разница между вторым вариантом реализации и первым вариантом реализации заключается в типе и количестве изгибов. За исключением этого, правосторонние пластинчатые элементы PR энтальпийного теплообменника и левосторонние пластинчатые элементы PL энтальпийного теплообменника первого и второго вариантов реализации идентичны. На чертежах первого и второго вариантов реализации одинаковые ссылочные позиции использованы для идентичных элементов в обоих вариантах реализации.

В отличие от первого варианта реализации, в котором каждый из правосторонних пластинчатых элементов PR энтальпийного теплообменника (фиг. 7 и 8) и левосторонних пластинчатых элементов PL энтальпийного теплообменника (не показаны) имеет один изгиб 17, расположенный приблизительно посередине длины каждого канала, образованного гофрами 5 в пластинчатых элементах PR и PL, каждый из правосторонних пластинчатых элементов PR энтальпийного теплообменника (фиг. 11 и 12) и левосторонних пластинчатых элементов PL энтальпийного теплообменника (фиг. 9 и 10) второго варианта реализации имеет первый изгиб 171 и второй изгиб 172, расположенные на расстоянии относительно друг друга по длине каждого канала, образованного гофрами 5 в пластинчатых элементах PR и PL. Аналогично, в результате, в стопке энтальпийного теплообменника с чередующимися правосторонними листовыми элементами PR энтальпийного теплообменника и левосторонними листовыми элементами PL энтальпийного теплообменника смежные листовые элементы PR и PL энтальпийного теплообменника могут быть правильно позиционированы и может быть предотвращено их соскальзывание друг в друга во время операции расположения их друг на друге, когда механическое усилие прикладывают к листам и/или при эксплуатации, когда может нарастать разность давлений между противоположными потоками воздуха в смежных областях PF и PF параллельного потока/противотока в стопке или блоке энтальпийного теплообменника.

Каждый из первого изгиба 171 и второго изгиба 172 сформирован в виде изогнутого продольного сечения или в виде дугообразного продольного сечения в пределах проходящих в продольном направлении гофров 5 в пластинчатых элементах PR и PL. Как показано на фиг. 9, 10, 11, 12 и 13, первые изгибы 171 правосторонних пластинчатых элементов PR проходят в первом боковом направлении относительно продольного направления гофров 5, а первые изгибы 171 левосторонних пластинчатых элементов PL проходят во втором боковом направлении, противоположном первому боковому направлению относительно продольного направления гофров 5. Аналогично, вторые изгибы 172 правосторонних пластинчатых элементов PR проходят во втором боковом направлении, противоположном первому боковому направлению относительно продольного направления гофров 5, а вторые изгибы 172 левосторонних пластинчатых элементов PL проходят в первом боковом направлении относительно продольного направления гофров 5.

Аналогично, множество таких правосторонних листовых элементов PR энтальпийного теплообменника (как показано на фиг. 11 и 12) и множество таких левосторонних листовых элементов PL энтальпийного теплообменника (как показано на фиг. 9 и 10) расположены друг на друге таким образом, чтобы образовывать стопку энтальпийного теплообменника с чередующимися правосторонними листовыми

элементами PR энтальпийного теплообменника и левосторонними листовыми элементами PL энтальпийного теплообменника. В такой стопке первые изгибы 171, проходящие в противоположном боковом направлении, смежных листовых элементов PR и PL расположены сверху друг на друге. Аналогично, вторые изгибы 172, проходящие в противоположном боковом направлении, смежных листовых элементов PR и PL расположены сверху друг на друге. В результате, все смежные первые изгибы 171 и все смежные вторые изгибы 172 в стопке предотвращают соскальзывание гофров 5 смежных стопок друг в друга во время операции расположения их друг на друге и/или при эксплуатации, когда может нарастать разность давлений между противоположными воздушными потоками.

На фиг. 13 показан схематический вид в горизонтальной проекции, изображающий пару листовых элементов энтальпийного теплообменника, расположенных сверху друг на друге, один из которых, изображенный непрерывными линиями, является левосторонним листовым элементом PL энтальпийного теплообменника, как показано на фиг. 10, а другой, изображенный прерывистыми линиями, является правосторонним листовым элементом PR энтальпийного теплообменника, как показано на фиг. 12. Такие пары левосторонних листовых элементов PL энтальпийного теплообменника и правосторонних листовых элементов PR энтальпийного теплообменника располагают сверху друг на друга для образования полной стопки или блока энтальпийного теплообменника.

Ссылочные позиции:

- 1 - полотняный листовой элемент 1а первая поверхность;
- 1b - вторая поверхность;
- 2 - пустоты или отверстия;
- 3 - первая тонкая полимерная пленка;
- 4 - вторая тонкая полимерная пленка;
- 5 - гофр(ы);
- 5а - сжатый участок;
- 5b - сжатый и/или растянутый участок;
- S1 - этап обеспечения;
- S2 - этап ламинирования;
- S3 - этап формования (совместного формования);
- О - направление воздушного потока по направлению к наблюдателю;
- Х - направление воздушного потока по направлению от наблюдателя;
- 6 - волокно;
- α - угол (в рисунке гофрирования);
- PR - пластинчатый элемент энтальпийного теплообменника, правосторонний;
- PL - пластинчатый элемент энтальпийного теплообменника, левосторонний;
- 11 - уступ;
- 12 - уступ;
- 13 - уступ;
- 14 - уступ;
- CF1 - первая область поперечного потока PR;
- CF2 - вторая область поперечного потока PR;
- PF - область параллельного потока/противотока PR;
- CF1' - первая область поперечного потока PL;
- CF2' - вторая область поперечного потока PL;
- PF' - область параллельного потока/противотока PL;
- 15 - направляющие воздух стенки (в CF1);
- 16 - направляющие воздух стенки (в CF2);
- 17 - изгиб;
- 171 - первый изгиб;
- 172 - второй изгиб;
- 18 - первая переходная область (на стороне CF1);
- 19 - вторая переходная область (на стороне CF2);
- β - угол между направлениями гофр и направляющих воздух стенками.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ изготовления энтальпийного теплообменника, включающий следующие этапы:

- а) ламинирование по меньшей мере одной стороны (1а, 1b) воздухопроницаемого листового элемента (1) тонкой полимерной пленкой (3, 4), выполненной с возможностью пропускания водяного пара;
- б) формование слоистого листового элемента (1) в желаемую форму, характеризующуюся трехмерным рисунком гофрирования (5, 5, ...);
- с) повторение этапов а) и б) для получения множества ламинированных и сформованных листовых элементов, характеризующихся трехмерным рисунком гофрирования;

d) расположение множества ламинированных и сформованных листовых элементов друг на друге; и
 e) прикрепление расположенных друг на друге ламинированных и сформованных листовых элементов друг к другу;

причем каждый слоистый листовой элемент имеет область параллельного потока или область противотока, содержащую рисунок гофрирования, при этом каждый слоистый листовой элемент выполнен с первой областью поперечного потока выше по потоку от области параллельного потока или области противотока и одной или более второй областью поперечного потока ниже по потоку от области параллельного потока или области противотока, причем указанные первая или вторая области поперечного потока содержат множество воздухопроводных стенок (15, 16);

причем листовой материал каждого листового элемента (1) содержит полимер.

2. Способ по п.1, в котором перед этапом b) формования ламинированного листового элемента (1) ламинированный листовой элемент (1) предварительно нагревают до температуры предварительного нагрева, которая ниже температуры формования.

3. Способ по п.2, в котором предварительное нагревание осуществляют до температуры предварительного нагрева на 5-30 К ниже температуры формования этапа b) формования.

4. Способ по п.3, в котором предварительное нагревание осуществляют до температуры предварительного нагрева на 10-20 К ниже температуры формования этапа b) формования.

5. Способ по любому из пп.2-4, в котором ламинированный лист предварительно нагревают по всей его толщине до равномерной температуры предварительного нагрева.

6. Способ по любому из пп.2-5, в котором ламинированный лист содержит многокомпонентные волокна, содержащие первый полимерный материал на своей поверхности и второй полимерный материал внутри многокомпонентных волокон, и причем первый полимерный материал имеет более низкую температуру размягчения или плавления, чем второй полимерный материал.

7. Способ по п.6, в котором, по меньшей мере, многокомпонентные волокна содержат полимерный материал, имеющий полярные функциональные группы.

8. Способ по п.6, в котором только первый полимерный материал на поверхности многокомпонентных волокон содержит полярные функциональные группы.

9. Способ по любому из пп.6-8, в котором температура предварительного нагрева ламинированного листа является температурой между температурой плавления или температурой размягчения первого полимерного материала многокомпонентных волокон на их поверхности и температурой плавления или температурой размягчения второго полимерного материала внутри многокомпонентных волокон, или в котором температура предварительного нагрева ламинированного листа является температурой между температурой плавления первого полимерного материала многокомпонентных волокон на их поверхности и температурой плавления второго полимерного материала внутри многокомпонентных волокон.

10. Способ по п.1, включающий следующие этапы:

a1) ламинирование по меньшей мере одной стороны первого воздухопроницаемого листового элемента тонкой полимерной пленкой, выполненной с возможностью пропуска водяного пара;

b1) формование первого ламинированного листового элемента в первую желаемую форму, характеризующуюся первым трехмерным рисунком гофрирования;

c1) повторение этапов a1) и b1) для образования множества ламинированных и сформованных листовых элементов первого типа, характеризующихся первым трехмерным рисунком гофрирования;

a2) ламинирование по меньшей мере одной стороны второго воздухопроницаемого листового элемента тонкой полимерной пленкой, выполненной с возможностью пропуска водяного пара;

b2) формование второго ламинированного листового элемента во вторую желаемую форму, характеризующуюся вторым трехмерным рисунком гофрирования;

c2) повторение этапов a2) и b2) для образования множества ламинированных и сформованных листовых элементов второго типа, характеризующихся вторым трехмерным рисунком гофрирования;

d) расположение множества ламинированных и сформованных листовых элементов первого типа и листовых элементов второго типа друг на друге таким образом, чтобы образовать стопку с чередующимися листовыми элементами первого типа и листовыми элементами второго типа; и

e) прикрепление расположенных друг на друге ламинированных и сформованных листовых элементов друг к другу.

11. Энтальпийный теплообменник, изготовленный с использованием способа по любому из пп.1-10 и содержащий

по меньшей мере три листовых или пластинчатых элемента (E, E', PR, PL) энтальпийного теплообменника;

причем каждый элемент энтальпийного теплообменника содержит воздухопроницаемый листовой элемент (1) с заданным трехмерным рисунком (5, 5,...) гофрирования,

причем первую тонкую полимерную пленку (3) ламинируют на первую сторону (1a) листового элемента (1) и/или вторую тонкую полимерную пленку (4) ламинируют на вторую сторону (1b) листового элемента (1), причем указанная одна или обе тонкие полимерные пленки (3, 4) выполнены с возможностью избирательного пропуска водяного пара;

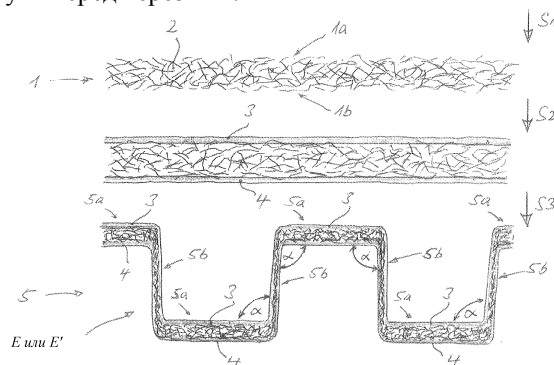
при этом каждый элемент энтальпийного теплообменника дополнительно содержит область параллельного потока или область противотока, первую область поперечного потока выше по потоку от области параллельного потока или области противотока и вторую область поперечного потока ниже по потоку от области параллельного потока или области противотока; и

элементы энтальпийного теплообменника уложены друг на друга таким образом, что образуют стопку с чередующимися правосторонними энтальпийными элементами и левосторонними энтальпийными элементами.

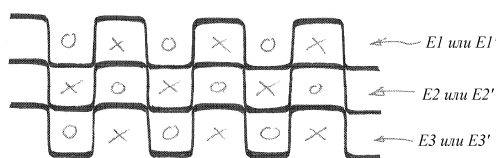
12. Энтальпийный теплообменник по п.11, дополнительно содержащий изгиб (17), расположенный приблизительно посередине длины каждого канала, образованного гофром (5) рисунка (5, 5,...) гофрирования в элементе (E, E', PR, PL) энтальпийного теплообменника, или содержащий первый изгиб (171) и второй изгиб (172), расположенные на расстоянии друг от друга по длине каждого канала, образованного гофром (5) рисунка (5, 5,...) гофрирования в элементе (E, E', PR, PL) энтальпийного теплообменника.

13. Энтальпийный теплообменник по п.12, в котором каждый изгиб (17; 171, 172) выполнен в виде изогнутого продольного сечения или дугообразного продольного сечения внутри проходящего в продольном направлении гофра (5) рисунка (5, 5,...) гофрирования.

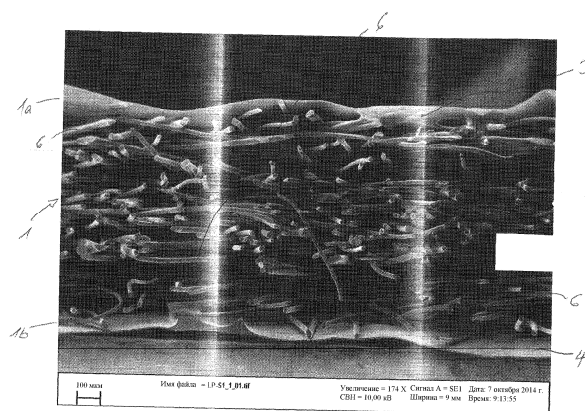
14. Энтальпийный теплообменник по любому из пп.11-13, в котором по меньшей мере три листовых или пластинчатых элемента (E1, E2, E3; E1', E2', E3') энтальпийного теплообменника расположены сверху друг на друге и прикреплены друг к другу предпочтительно посредством сварки, такой как прижимная сварка, лазерная сварка или ультразвуковая сварка, или посредством склеивания, причем их соответствующие трехмерные рисунки (5, 5,...) гофрирования находятся в ортогональной или параллельной ориентации для образования ортогональных или параллельных путей текучей среды, обеспечивающих возможность протекания текучих сред через них.



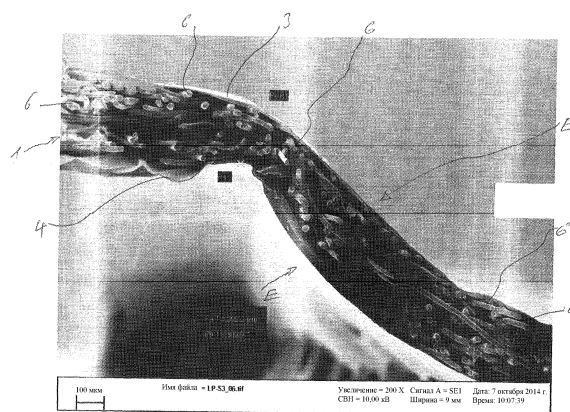
Фиг. 1



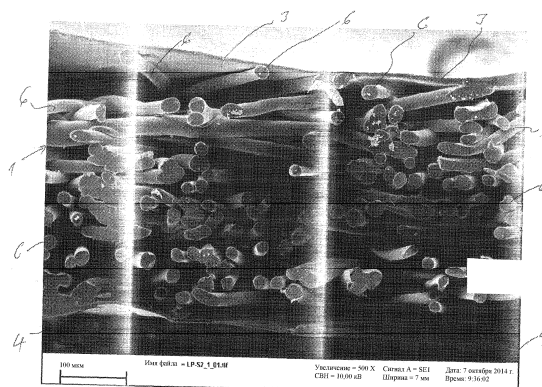
Фиг. 2



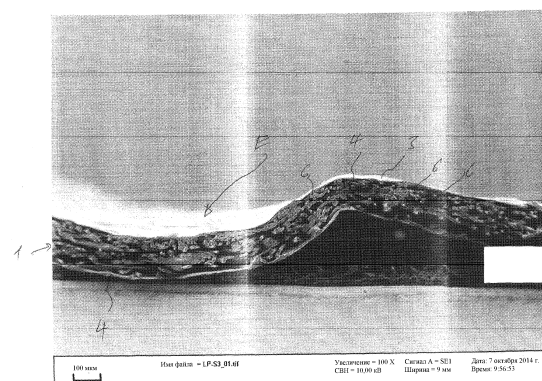
Фиг. 3



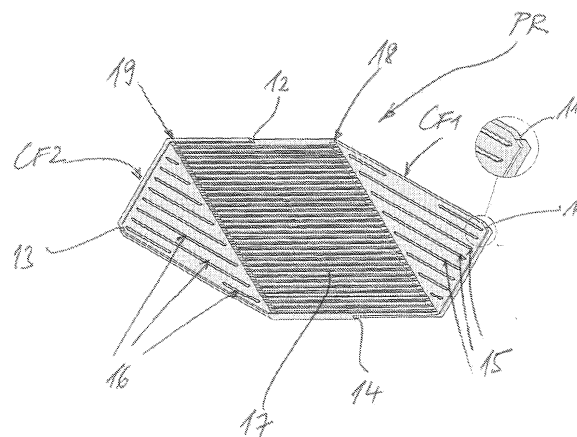
Фиг. 4



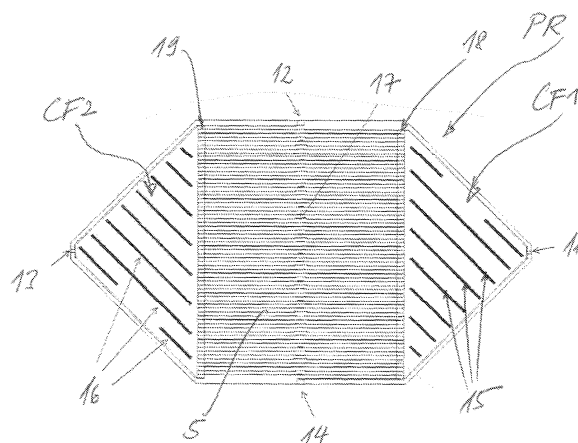
Фиг. 5



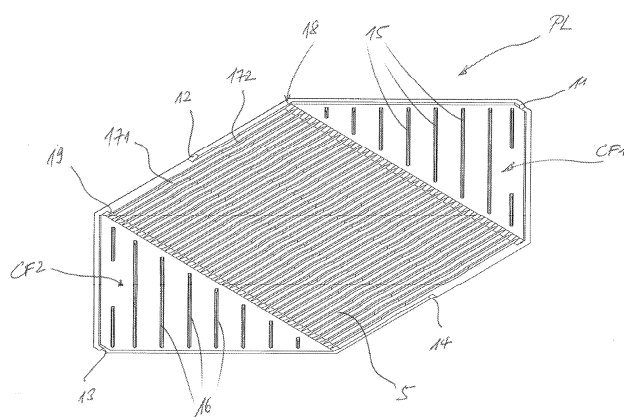
Фиг. 6



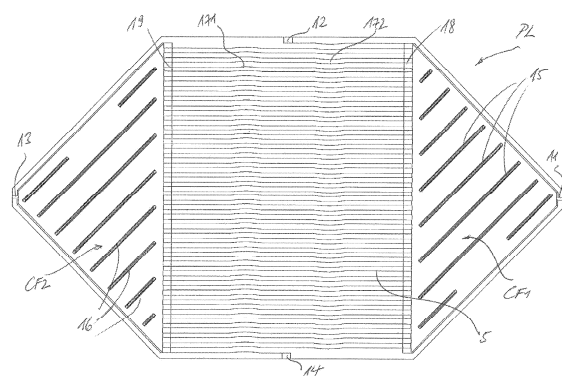
Фиг. 7



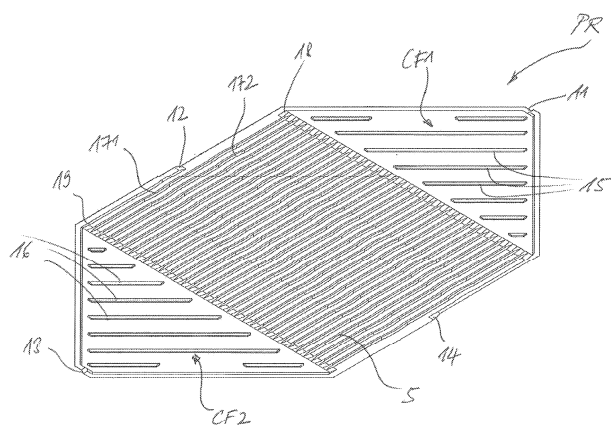
Фиг. 8



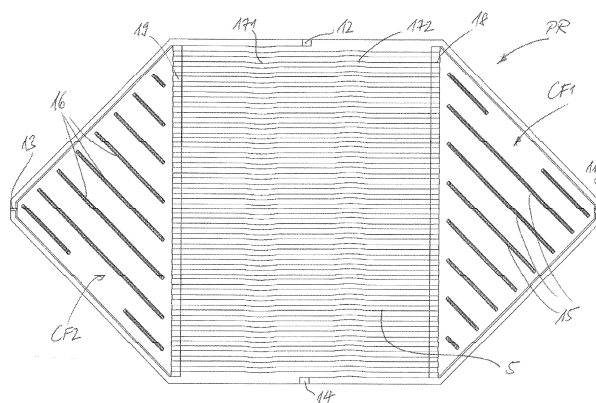
Фиг. 9



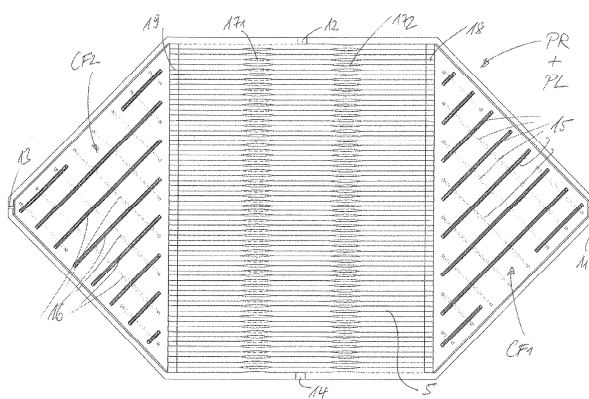
Фиг. 10



Фиг. 11



Фиг. 12



Фиг. 13

