

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **038501**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2021.09.07

(21) Номер заявки
201892399

(22) Дата подачи заявки
2018.11.21

(51) Int. Cl. **F28D 1/03** (2006.01)
F28F 13/08 (2006.01)
G05D 23/02 (2006.01)

(54) ТЕРМОРЕГУЛИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО(31) **15/821,729**(32) **2017.11.22**(33) **US**(43) **2019.05.31**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

**ДЖЕНЕРАЛ ЭЛЕКТРИК КОМПАНИ
(US)**

(72) Изобретатель:

**Сеннон Мохаммед Эль Хасин, Бонар
Джеймс Фицджеральд (US), Левайн
Речел Уин (GE), Сабо Николас, Вулф
Джаред, Доуэлл Джон, Бэйли Кевин
(US)**

(74) Представитель:

**Поликарпов А.В., Соколова М.В.,
Игнатьев А.В., Путинцев А.И., Черкас
Д.А. (RU)**

(56) US-A1-20160202003
EP-A1-3062186
US-A1-2016116218
JP-A-2001041674
RU-C1-2535187

(57) Терморегулирующее устройство (800) содержит корпус (802) и монолитную центральную конструкцию (804), расположенную внутри корпуса. Наружная поверхность (806) центральной конструкции ограничивает по меньшей мере часть первого канала (808). Внутренняя поверхность (810) центральной конструкции ограничивает по меньшей мере часть второго канала (812). Центральная конструкция содержит разделительную стенку (820), которая изолирует первый поток, проходящий через первый канал, от второго потока, проходящего через второй канал. Первый канал находится в тепловом контакте со вторым каналом. Центральная конструкция содержит один или более теплообменных элементов (830), или ребер, которые расположены в первом канале, втором канале или в обоих указанных каналах. Центральная конструкция может содержать деформируемый компонент (840), присоединенный к двум или более стенкам.

038501 B1

038501 B1

Приоритет заявки на данное изобретение, являющейся частично продолжающей заявкой, заявляется по заявке на патент США № 15/444566, поданной 28 февраля 2017 г., содержание которой полностью включено в данный документ посредством ссылки.

Область техники

Варианты выполнения могут относиться к терморегулирующему устройству и соответствующему способу.

Предпосылки изобретения

Терморегулирующие устройства могут быть выполнены в виде теплообменников. Теплообменники могут использоваться с двигателями для обеспечения передачи тепла между одной или более текучими средами. Например, первая текучая среда при относительно высокой температуре может проходить через первый канал, тогда как вторая текучая среда при относительно низкой температуре может проходить через второй канал. Первый и второй каналы могут находиться в тепловом контакте или в непосредственной близости друг от друга, что обеспечивает возможность передачи тепла от первой текучей среды ко второй текучей среде. Таким образом, температура первой текучей среды может быть понижена, а температура второй текучей среды может быть повышена.

Обычные теплообменники могут содержать большое количество каналов для текучей среды, каждый из которых образован с использованием определенной комбинации пластин, планок, пленок, ребер, трубок и т.д. Каждая из этих частей может быть по отдельности размещена, ориентирована и присоединена к опорной конструкции, например, с помощью пайки, сварки или другого способа соединения. Таким образом, например, один конкретный теплообменник для одного двигателя содержит 250 частей, которые должны быть собраны в единый герметичный компонент. Время изготовления и затраты, связанные со сборкой такого теплообменника, являются высокими, при этом вероятность протечек текучей среды между каналами или из теплообменника повышается вследствие количества образованных соединений. Кроме того, особые производственные требования могут накладывать ограничения на количество, размер и конфигурацию теплообменных элементов, которые могут содержаться в теплообменнике, например, внутри каналов для текучей среды.

Соответственно, может быть желательным создание двигателя с теплообменником, отличным от теплообменников, имеющихся в настоящее время.

Сущность изобретения

В одном варианте выполнения изобретения терморегулирующее устройство содержит корпус. Устройство также содержит монолитную центральную конструкцию, расположенную внутри корпуса. Наружная поверхность центральной конструкции ограничивает по меньшей мере часть первого канала. Внутренняя поверхность центральной конструкции ограничивает по меньшей мере часть второго канала. Центральная конструкция содержит разделительную стенку, которая изолирует первый поток, проходящий через первый канал, от второго потока, проходящего через второй канал. Первый канал находится в тепловом контакте со вторым каналом. Центральная конструкция содержит один или более теплообменных элементов, или ребер, которые расположены в первом канале, втором канале или в обоих указанных каналах. Теплообменные элементы характеризуются толщиной и плотностью их распределения. При этом центральная конструкция дополнительно содержит деформируемый компонент, первый конец которого присоединен к конструкции корпуса, а второй конец присоединен к разделительной стенке. В другом варианте выполнения деформируемый компонент присоединяет одну разделительную стенку к другой разделительной стенке.

В одном варианте выполнения терморегулирующее устройство содержит корпус. Устройство также содержит монолитную центральную конструкцию, расположенную внутри корпуса. Наружная поверхность центральной конструкции ограничивает по меньшей мере часть первого канала, а внутренняя поверхность центральной конструкции ограничивает по меньшей мере часть второго канала. Центральная конструкция содержит разделительную стенку, которая изолирует первый поток, проходящий через первый канал, от второго потока, проходящего через второй канал. Первый канал находится в тепловом контакте со вторым каналом. Центральная конструкция содержит один или более теплообменных элементов, которые расположены в первом канале, втором канале или в обоих указанных каналах. Теплообменные элементы характеризуются толщиной и плотностью их распределения. Кроме того, центральная конструкция содержит два или более разных материалов, которые являются неоднородными и не легированы друг другом.

В одном варианте выполнения терморегулирующее устройство содержит корпус. Устройство также содержит монолитную центральную конструкцию, расположенную внутри корпуса. Наружная поверхность центральной конструкции ограничивает по меньшей мере часть первого канала, а внутренняя поверхность центральной конструкции ограничивает по меньшей мере часть второго канала. Центральная конструкция содержит разделительную стенку, которая изолирует первый поток, проходящий через первый канал, от второго потока, проходящего через второй канал. Первый канал находится в тепловом контакте со вторым каналом. Монолитная центральная конструкция содержит одно или более ребер, которые расположены в первом канале, втором канале или в обоих указанных каналах. Ребра имеют сложную форму. Монолитная центральная конструкция имеет поверхностный слой или покрытие, выполненное из

материала, отличного от материала основной части центральной конструкции, материала указанных одного или более ребер или материала как центральной конструкции, так и ребер.

Краткое описание чертежей

Ниже приведено полное описание изобретения, в том числе наиболее предпочтительных вариантов его выполнения, предназначенное для специалиста в данной области техники и выполненное со ссылкой на прилагаемые чертежи.

Фиг. 1 изображает вид в аксонометрии теплообменника согласно варианту выполнения изобретения.

Фиг. 2 изображает вид в аксонометрии в разрезе теплообменника, показанного на фиг. 1.

Фиг. 3 изображает другой вид в аксонометрии в разрезе теплообменника, показанного на фиг. 1.

Фиг. 4 изображает увеличенный вид в аксонометрии первого канала для текучей среды в теплообменнике, показанном на фиг. 1.

Фиг. 5 изображает разрез теплообменника, показанного на фиг. 1.

Фиг. 6 изображает увеличенный вид в разрезе второго канала для текучей среды в теплообменнике, показанном на фиг. 1.

Фиг. 7 иллюстрирует способ формирования теплообменника согласно варианту выполнения изобретения.

Фиг. 8 изображает схематический вид теплообменника согласно варианту выполнения изобретения.

Повторное использование номеров позиций в описании и чертежах предназначено для повторного обозначения одинаковых или аналогичных элементов или частей изобретения.

Подробное описание изобретения

Предложены теплообменник и способ аддитивного изготовления теплообменника. Теплообменник имеет каналы для текучей среды, образованные с помощью способов аддитивного изготовления, которые обеспечивают возможность выполнения каналов для текучей среды меньшего размера, с более тонкими стенками и сложными и фасонными теплообменными элементами. Например, указанные каналы могут быть криволинейными, теплообменные элементы (ребра, усики и т.д.) могут быть наклонены относительно их основания, могут иметь толщину менее 0,01 см и могут быть расположены с плотностью менее 12 элементов/см. Кроме того, теплообменные ребра могут быть наклонены относительно стенок каналов для текучей среды, при этом смежные ребра могут быть расположены по спирали, со смещением или в шахматном порядке относительно друг друга.

На фиг. 1 для описания одного варианта выполнения изобретения показана центральная конструкция 100 теплообменника терморегулирующего устройства. Теплообменник может передавать тепло между двумя или более текучими средами в процессе эксплуатации.

Например, теплообменник может передавать тепло от смазочного масла к воздуху в двигателе. В другом варианте выполнения теплообменник может принимать текучие среды подходящих типов для их использования в процессе теплопередачи. Кроме того, идеи и теплообменные конструкции, описанные в данном документе, могут использоваться в автомобильной, авиационной, судоходной и других отраслях промышленности, связанных с мобильными или стационарными средствами, для содействия в передаче тепла между текучими средами.

На фиг. 1 изображено терморегулирующее устройство, содержащее теплообменник, для пояснения его работы. Теплообменник может содержать наружный корпус 101, проходящий между левой стороной 102 и правой стороной 104 в первом направлении, например в направлении X. Кроме того, корпус 101 проходит между передней стороной 106 и задней стороной 108 во втором направлении, например в направлении Y. Корпус 101 также проходит между верхней стороной 110 и нижней стороной 112 в третьем направлении, например направлении Z. Направления X, Y и Z являются взаимно перпендикулярными и, таким образом, задают ортогональную систему координат. Теплообменник и система координат X, Y, Z используются в данном документе исключительно для объяснения аспектов предмета изобретения и не ограничивают объем изобретения. В этой связи слова, указывающие направления, такие как "левый" и "правый", "передний" и "задний" и "верхний" и "нижний", используются лишь для указания относительного расположения двух сторон теплообменника соответственно в направлениях X, Y и Z.

На верхней стороне теплообменника выполнены впускное отверстие 120 для масла и выпускное отверстие 122 для масла. Таким образом, масло (как показано стрелками 124) поступает в теплообменник только через указанное впускное отверстие, проходит через первые каналы 126 для текучей среды (фиг. 2) и выходит из теплообменника через указанное выпускное отверстие, как описано подробно ниже. Кроме того, на передней стороне теплообменника расположено впускное отверстие 130 для воздуха, а на задней стороне теплообменника расположено выпускное отверстие для воздуха (не показано). Таким образом, воздух (как показано стрелками 134) поступает в теплообменник через указанное впускное отверстие для воздуха и проходит через вторые каналы 136 для текучей среды. Первые и вторые каналы находятся в тепловом контакте друг с другом для передачи тепла между текучими средами, проходящими через них. Первые и вторые каналы отделены друг от друга в том смысле, что соответствующие текучие среды физически не смешиваются друг с другом. В этом отношении каждый из первых каналов и каждый из вторых каналов могут быть отделены стенками теплообменника. В изображенном варианте

выполнения толщина стенок наружного корпуса изменяется вдоль их длины и находится в диапазоне от приблизительно 0,076 до 0,025 см.

В соответствии с фиг. 2 и 3 теплообменник ограничивает впускную камеру 140 и выпускную камеру 142, которые находятся в непосредственном проточном сообщении соответственно с впускным отверстием для масла и выпускным отверстием для масла. Впускная камера обеспечивает возможность отведения масла от впускного отверстия и его распределения по всем первым каналам для текучей среды. В противоположность этому, выпускная камера обеспечивает возможность сведения масла из всех первых каналов для текучей среды в выпускное отверстие перед выходом масла из теплообменника.

Впускная камера и выпускная камера разделены вдоль направления Y промежуточной стенкой 144 так, что впускная камера и выпускная камера проточно сообщаются только через первые каналы для текучей среды. Как показано, в частности, на фиг. 4, промежуточная стенка проходит от верхней стороны в направлении Z к нижней стороне (не доходя до нижней стороны) с обеспечением разделения первых каналов для текучей среды и образования приточной зоны 146 и сливной зоны 148. Таким образом, при поступлении масла в теплообменник через впускное отверстие для масла и впускную камеру первые каналы для текучей среды в целом направляют масло вниз вдоль направления Z в приточную зону. Затем масло проходит вокруг промежуточной стенки и поднимается вверх вдоль направления Z в сливной зоне к выпускной камере. В соответствии с вариантом выполнения промежуточная стенка проходит от верхней стороны вдоль направления Z к нижней половине или нижней четверти теплообменника (т.е. вдоль примерно 50-75% высоты теплообменника в направлении Z). В другом варианте выполнения промежуточная стенка может проходить на другое расстояние от верхней стороны. Как вариант, каждый канал для текучей среды может быть изолированным (например, так, что масло между смежными каналами не смешивается) и может быть выполнен U-образной формы.

Единая промежуточная стенка изображена так, что первые каналы образуют U-образную форму, при этом она направляет масло с прохождением через теплообменник дважды. Более конкретно, масло проходит по существу по всей длине теплообменника вниз в направлении Z в приточную зону и вверх в направлении Z в сливную зону. Кроме того, показано, что воздух совершает один проход через теплообменник, т.е. от передней стороны к задней стороне по существу в направлении Y. Однако следует понимать, что теплообменник и, в частности, первый и второй каналы могут направлять соответствующую им текучую среду с совершением ею любого подходящего количества проходов для достижения требуемых расхода текучей среды и характеристик теплопередачи. Например, теплообменник может иметь несколько промежуточных стенок, перегородок и/или полостей, которые направляют масло с прохождением через теплообменник четыре или более раз. Аналогичным образом, промежуточные стенки, перегородки и/или полости во втором канале для текучей среды могут направлять воздух так, что он проходит через теплообменник несколько раз, для увеличения времени задержки, числа возможностей для соударения и, в конечном счете, количества передаваемого тепла.

Для ясности изображения на чертежах показаны не все теплообменные элементы. Однако ниже со ссылкой на фиг. 4-6 приведено описание различных каналов для текучей среды и соответствующих теплообменных элементов. На фиг. 4 изображен вид сбоку в разрезе теплообменника, на котором показаны первые каналы для текучей среды. На фиг. 5 изображен увеличенный вид в аксонометрии разреза, показанного на фиг. 3. На фиг. 6 изображен увеличенный вид вторых каналов для текучей среды.

Первые каналы для текучей среды могут содержать первый набор теплообменных элементов. Теплообменные элементы изображены в данном варианте выполнения в виде планок или ребер 160. Эти планки или ребра могут увеличивать площадь поверхности для улучшения передачи тепловой энергии. Ребра в других вариантах выполнения являются линейными или изогнутыми и расположены под углом относительно плоскости, заданной стенкой канала для текучей среды. Как показано на фиг. 5, ребра могут быть расположены под первым углом 162 относительно стенок первых каналов для текучей среды. Например, согласно некоторым вариантам выполнения указанный первый угол может составлять от приблизительно 10 до 80°, от приблизительно 30 до 60° или приблизительно 45°. Указанный угол может изменяться вдоль длины удлиненного теплообменного элемента для придания скрученности или спиральности. Таким образом, поверхность теплопередачи каждого ребра может быть относительно увеличена. Если не указано иное, планка проходит поперек канала и присоединена на обоих концах, тогда как ребро присоединено на одном конце и не закреплено на другом конце. Ссылки на теплообменные элементы, ребра, планки, выступы, усики и т.п. являются взаимозаменяемыми, если контекст или терминология не указывают на иное.

Как показано на фиг. 4, в соответствии с изображенным вариантом выполнения ребра расположены в шахматном порядке. Расположение ребер в шахматном порядке может увеличить контакт текучей среды с ребрами. Применительно к данному документу канал для текучей среды со "смещенными" или "расположенными в шахматном порядке" теплообменными элементами является каналом, в котором элементы, расположенные смежно друг с другом вдоль первого или второго направления потока текучей среды, смещены относительно друг друга в направлении, перпендикулярном указанному первому или второму направлению. Следует отметить, что величина смещения и разнесения ребер вдоль первого направления потока текучей среды может изменяться без выхода за рамки объема изобретения. Дополни-

тельно или как вариант, ребра могут быть аналогичным образом расположены в шахматном порядке во втором канале для текучей среды. Первый канал определяет первое направление потока текучей среды, а второй канал определяет второе направление потока текучей среды.

На фиг. 6 изображен увеличенный вид вторых каналов для текучей среды. Аналогично первым каналам для текучей среды, вторые каналы могут иметь теплообменные поверхности, например ребра, для улучшения теплопередачи. Другие ребра могут быть расположены под любым подходящим углом относительно стенки канала. Например, как показано на чертеже, ребра 170 расположены под вторым углом 172 относительно стенок вторых каналов для текучей среды. Например, согласно некоторым вариантам выполнения указанный второй угол может составлять от приблизительно 10 до 80°, от приблизительно 30 до 60° или приблизительно 45°. Таким образом, поверхность теплопередачи каждого ребра может быть увеличена.

Один или более вторых каналов для текучей среды могут быть веерообразными или могут иметь увеличивающуюся ширину в направлении нижней стороны теплообменника для обеспечения искривленного общего профиля теплообменника. Искривленный профиль может способствовать, например, повторению контура двигателя, на котором может быть установлен теплообменник. Вторые каналы для текучей среды могут быть частично ограничены первой стенкой 180 и второй стенкой 182. Между указанными первой и второй стенками может быть образован третий угол 184. Третий угол может быть относительно малым, например менее 5°, или большим, например более 40°, в зависимости от местоположения в центральной части и от других параметров, зависящих от конкретной области применения.

Способы аддитивного изготовления, описанные в данном документе, обеспечивают возможность изготовления за одно целое очень тонких ребер внутри монолитной центральной части. Например, каждое ребро может иметь толщину в диапазоне от приблизительно 0,01 до приблизительно 0,2 см. В других вариантах выполнения ребра могут иметь толщину в диапазоне от приблизительно 0,2 до приблизительно 0,5 см. Ребра могут быть изготовлены с подходящей толщиной вплоть до одного аддитивно выполненного слоя, например 10 мкм. Способность изготовления чрезвычайно тонких ребер, планок или других выступов может обеспечить возможность изготовления теплообменников с очень большой плотностью расположения теплообменных элементов. Например, ребра могут быть выполнены с плотностью расположения, составляющей около 2-13 ребер/см. Ребра могут быть выполнены с плотностью расположения, составляющей около 10 ребер/см или более. Однако в соответствии с другими вариантами выполнения плотность расположения ребер может составлять более 12 теплообменных элементов/см. Кроме того, все ребра могут быть выполнены одинаковыми и равномерно разнесены по каждому каналу для текучей среды или все ребра могут быть выполнены разными и разнесены неравномерным образом.

Первые и вторые каналы для текучей среды имеют некруговые геометрические формы. Геометрические формы могут быть выбраны так, чтобы увеличить площадь поверхности, доступную для теплообмена. Например, профили поперечного сечения первых и вторых каналов могут быть квадратными или прямоугольными. В этой связи каждый канал может иметь высоту, которая представляет собой, например, среднее расстояние, измеренное перпендикулярно потоку текучей среды в указанном канале. Например, высота канала может представлять собой среднее расстояние между стенками соответствующего канала для текучей среды, например от одной стенки канала до другой стенки вдоль направления, перпендикулярного стенкам.

В соответствии с вариантом выполнения, изображенным на фиг. 5, каждый из первых каналов имеет высоту 190, а каждый второй канал имеет вторую высоту 192. Указанные высота первого канала и высота второго канала могут представлять собой расстояние между первой стенкой 180 и второй стенкой 182 для заданного канала. Высота первого канала и высота второго канала могут быть одинаковыми вдоль длины соответствующего канала или могут изменяться вдоль нее, как показано на фиг. 6. Кроме того, все каналы в наборе каналов могут иметь одинаковую или разную высоту.

Высота первого канала и высота второго канала могут быть выбраны так, чтобы улучшить поток текучей среды, проходящий через соответствующий канал. Например, высота канала, через который проходит масло, может быть меньше высоты канала, через который проходит воздух. В соответствии с одним вариантом выполнения высота первого канала и/или высота второго канала составляет от приблизительно 0,025 до 2,54 см. Первые каналы и вторые каналы для текучей среды могут иметь размер и геометрические формы исходя из параметров, зависящих от конкретной области применения.

Каждый из первого и второго каналов может быть прямолинейным, криволинейным, змеевидным, спиральным, синусоидальным или иметь любую другую подходящую форму. Например, как показано на фиг. 4, первый канал является криволинейным, т.е. дугообразным или U-образным. Теплообменник может иметь геометрические формы, улучшающие рабочие характеристики, и теплообменные элементы, реализация которых на практике облегчается аддитивным производственным процессом, как описано ниже. В соответствии с некоторыми вариантами выполнения первый канал и второй канал для текучей среды могут иметь теплообменные поверхности или элементы, например ребра, для содействия процессу передачи тепла.

Части теплообменника могут быть выполнены с использованием подходящего материала, с соответствующей геометрической формой, плотностью расположения и толщиной, необходимыми для обес-

печения требуемой конструктивной опоры для теплообменника во время конкретного режима работы. Например, наружные стенки 196 теплообменника могут быть выполнены из жесткого теплоизоляционного материала. Кроме того, соответствующие наружные стенки могут быть более толстыми и плотными для обеспечения конструктивной опоры для нагрузок, испытываемых теплообменником во время монтажа, сборки и эксплуатации газотурбинного двигателя. В противоположность этому, внутренние стенки (например, стенки 180 и 182 вторых каналов для текучей среды) могут быть более тонкими или выполненными из более теплопроводящих материалов для улучшения теплопередачи. Например, в соответствии с одним вариантом выполнения стенки теплообменных каналов могут быть выполнены из теплопроводного металлического сплава и могут иметь толщину менее 0,07 см. В соответствии с еще одним вариантом выполнения стенки теплообменных каналов могут иметь толщину около 0,03 см и могут быть выбраны по меньшей мере частично на основании рабочего давления и температуры, а также на основании того, какая текучая среда будет проходить через канал.

В соответствии с изображенным вариантом выполнения первые каналы и вторые каналы для текучей среды имеют конструкцию с перекрестным потоком, т.е. потоки масла и воздуха проходят перпендикулярно друг другу. В другом варианте выполнения первые каналы и вторые каналы для текучей среды работают как противоточная установка, при этом теплообменник выполнен так, что первые каналы и вторые каналы являются по существу параллельными, а соответствующие потоки текучей среды перемещаются в противоположных направлениях в соответствующих каналах. Кроме того, в соответствии с некоторыми вариантами выполнения текучие среды могут перемещаться в соответствующих им каналах в одном и том же направлении.

Доступные способы аддитивного производства могут обеспечить возможность выполнения теплообменников с определенным размером или формой. Опорные контуры или наружные профили теплообменников могут иметь квадратную, круговую, криволинейную или любую другую подходящую форму, например, для обеспечения плотной посадки в пространстве двигателя, которое в ином случае является неиспользуемым, или для обеспечения большей обтекаемости или эффективности. Кроме того, каналы для подачи текучей среды в теплообменнике могут иметь размер или конфигурацию, зависящие от конкретной области применения, и могут иметь определенные профили, более тонкие стенки, меньшие высоты каналов и более сложные и фигурные теплообменные элементы.

Предложен способ 200 формирования монолитного теплообменника согласно одному варианту выполнения изобретения. Указанный способ может использоваться для формирования теплообменника. В соответствии с фиг. 7 способ включает аддитивное изготовление корпуса первого канала внутри наружного корпуса теплообменника на этапе 210, причем корпус первого канала ограничивает первый канал для текучей среды. Этап 220 включает аддитивное изготовление первого набора теплообменных элементов внутри первого канала для текучей среды, причем каждый элемент из указанного первого набора теплообменных элементов имеет первую толщину. Этап 230 включает аддитивное изготовление корпуса второго канала внутри наружного корпуса, причем корпус второго канала ограничивает второй канал для текучей среды. Этап 240 включает аддитивное изготовление второго набора теплообменных элементов внутри второго канала для текучей среды, причем каждый элемент из указанного второго набора теплообменных элементов имеет другую, вторую толщину. Первая и/или вторая толщины могут иметь значение менее чем приблизительно 0,03 см. При этом, как отмечено в данном описании, указанные толщины могут отличаться друг от друга по величине, форме, расположению относительно основания и составу материала. Кроме того, различия могут зависеть от того, в каком канале или вдоль длины какого одного из каналов (или обоих каналов) они расположены.

В одном варианте выполнения теплообменное устройство может содержать ступень предварительного охлаждения с трубчатой оболочкой и с одним или более термически деформируемыми элементами и пластинчато-реберной конфигурацией. Такая конфигурация может обеспечивать повышенную эффективность и компактность. Деформируемый элемент может расширяться/сжиматься, гнуться или изгибаться под действием нагрузки для предотвращения поломки. Компоненты, имеющие различные коэффициенты теплового расширения или различные температурные профили, могут приводить к возникновению теплового напряжения в различных зонах терморегулирующего устройства и между ними. Деформируемые элементы могут использоваться для сброса по меньшей мере некоторого напряжения, вызванного термическим воздействием.

На фиг. 8 изображено терморегулирующее устройство 800, содержащее корпус 802 в соответствии с вариантом выполнения изобретения. Указанное устройство содержит монолитную центральную конструкцию 804, расположенную внутри корпуса. Наружная поверхность 806 центральной конструкции ограничивает по меньшей мере часть первого канала 808. Внутренняя поверхность 810 центральной конструкции ограничивает по меньшей мере часть второго канала 812. Центральная конструкция содержит разделительную стенку 820, изолирующую первый поток (не показан), проходящий через первый канал, от второго потока (не показан), проходящего через второй канал. Увеличенный вид в разрезе разделительной стенки изображает разделительную стенку центральной части 804А и покрытие 822, расположенное на наружной поверхности. В изображенном варианте выполнения покрытие показано нанесенным поверх только участка наружной поверхности. В изображенном варианте выполнения центральная

конструкция является стальной, а покрытие является незагрязняющимся антикоррозийным нитридным отделочным слоем.

Первый канал находится в тепловом контакте со вторым каналом. Центральная конструкция содержит один или более теплообменных элементов 830, расположенных в первом канале. Теплообменные элементы во втором канале не показаны, чтобы избежать перегруженности изображения. Изображенные теплообменные элементы представляют собой линейные планки, проходящие в перпендикулярном направлении поперек первого канала для увеличения площади поверхности теплопередачи. Толщина теплообменных элементов примерно равна толщине стенки центральной конструкции, а плотность их распределения выражена в виде отношения 4 к 1, т.е. вдоль отрезка длины, равного ширине канала, расположены четыре теплообменных элемента. На чертеже не показан профиль теплообменного элемента, имеющий удлиненную каплеобразную форму, и то, что теплообменные элементы расположены в шахматном порядке относительно смежных элементов. Конфигурация теплообменных элементов может быть выбрана с обеспечением удерживания текучей среды вплотную к их поверхности для минимизации ламинарных свойств потока и увеличения соударений с проходящей текучей средой путем усиления образования турбулентного пограничного слоя. В одном варианте выполнения указанный профиль выполнен относительно поверхности центральной части с обеспечением создания эффекта Коанда вдоль по меньшей мере участка длины одного или более теплообменных элементов.

Как показано на фиг. 8, центральная конструкция содержит деформируемый компонент 840, первый конец 842 которого присоединен к конструкции корпуса, а второй конец 844 присоединен к разделительной стенке. В другом варианте выполнения деформируемый компонент присоединяет одну разделительную стенку к другой разделительной стенке. Как показано на чертеже, устройство может содержать один или более деформируемых компонентов. Эти деформируемые устройства могут находиться в состоянии, в котором они изогнуты или скручены, и в другом состоянии, в котором они растянуты или распрямлены. Таким образом, в зависимости от состояния деформируемый компонент может иметь один или более искривлений или изгибов. Эти изгибы могут иметь, например, S-образную форму или форму гофра. Изображенный вариант выполнения имеет простые изгибы и выполнен из материала, который отличается от материала центральной конструкции и является более гибким. Теплообменные элементы центральной конструкции могут быть выбраны исходя из одного или более следующих параметров: теплопроводности, эрозионной стойкости, коррозионной стойкости, химической стойкости или устойчивости к загрязнению. В других вариантах выполнения материалы могут быть одинаковыми, однако толщины могут отличаться.

Описанные терморегулирующие устройства могут быть изготовлены или выполнены с использованием подходящих процессов. Однако в соответствии с некоторыми аспектами предложенного изобретения теплообменник может быть выполнен с использованием процесса аддитивного производства, такого как процесс трехмерной печати. Использование такого процесса может обеспечить возможность выполнения теплообменника за одно целое в виде единого монолитного компонента, как описано выше в соответствии с одним вариантом выполнения. Указанный производственный процесс может обеспечить возможность получения теплообменника, выполненного за одно целое и содержащего различные элементы, которые невозможно получить с использованием других способов изготовления.

Используемые в данном документе выражения "аддитивно изготовленный" или "технологии или процессы аддитивного производства" относятся в целом к производственным процессам, в которых последовательные слои материала (материалов) накладывают друг на друга для послойного "наращивания" трехмерного компонента. Последовательные слои по существу сплавляются друг с другом с образованием монолитного компонента, который может иметь набор неотъемлемых подкомпонентов. В противоположность этому, отлитые или отформованные части, которые сварены вместе, не являются монолитными.

К подходящим технологиям аддитивного производства в соответствии с изобретением относятся, например, моделирование методом направления (FDM), избирательное лазерное спекание (SLS), трехмерная печать, например струйная или лазерная, стереолитография (SLA), прямое избирательное лазерное спекание (DSLS), электронно-лучевое спекание (EBS), электронно-лучевое плавление (EBM), плавка путем создания формы лазером (LENS), изготовление путем лазерной наплавки (LNSM), прямое осаждение металла (DMD), цифровая оптическая обработка (DLP), прямое лазерное спекание металлов (DMLS) и другие процессы, выбранные исходя из параметров и требований, зависящих от конкретной области применения.

Процессы аддитивного производства, описанные в данном документе, могут обеспечивать создание компонентов с использованием материала, подходящего для конечного назначения. В зависимости от использования компонента материал может представлять собой пластмассу, металл, бетон, керамику, металлокерамику, полимер, эпоксидную смолу, фотополимерную смолу или материал другого вида. Исходный материал может быть в твердой, жидкой, порошковой форме, в виде листового материала, волокна или иметь другой вид. В одном варианте выполнения теплообменник может быть выполнен частично из определенного материала, полностью из определенного материала или из комбинации материалов. В одном варианте выполнения данная комбинация может содержать различные металлы и их спла-

вы. К подходящим металлам могут относиться алюминий, бериллий, медь, железо, магний, никель, рений, олово и титан. К подходящим сплавам могут относиться сплавы с вышеуказанными металлами, в том числе сплавы никеля, сплавы хрома, сплавы титана, сплавы магния, сплавы алюминия и аустенитные сплавы. К подходящим аустенитным сплавам могут относиться сверхпрочные хромоникелевые сплавы (например, сплавы под названием Inconel®, выпускаемые компанией Special Metal Corporation) и кобальтохромовые сплавы.

Кроме того, для связывания этих материалов могут использоваться различные материалы и способы, рассматриваемые как находящиеся в рамках объема изобретения. Используемый в данном документе термин "сплавление" может относиться к процессу создания связующего слоя исходя из требований, зависящих от конкретной области применения. Например, если объект изготовлен из полимера, сплавление может относиться к созданию термореактивной связи между полимерными материалами. Если объект выполнен из эпоксидной смолы, то связь может быть выполнена с помощью процесса поперечного связывания. Если материал представляет собой керамику или металлокерамику, то связь может быть образована с помощью процесса спекания. Если материал представляет собой порошкообразный металл, то связь может быть образована с помощью процесса плавления. Возможно использование других способов сплавления материалов для изготовления компонента при помощи аддитивного производства.

В одном варианте выполнения процесс аддитивного производства, описанный в данном документе, обеспечивает возможность получения единого компонента из нескольких материалов. То есть теплообменник может быть выполнен из подходящей смеси вышеуказанных материалов и/или из разных материалов в разных частях или компонентах. Например, компонент может содержать набор слоев, компонентов или частей которые образованы с использованием различных материалов, процессов и/или различных машин для аддитивного производства и при этом по-прежнему образуют монолитную часть. Таким образом, возможно выполнение компонентов, которые содержат разные материалы и имеют разные свойства материалов, для соответствия параметрам конкретной области применения.

В данном варианте применения между частями из разных материалов может иметься переходная часть. Как вариант, между двумя (или более) материалами может иметься четкий пограничный слой. Благодаря использованию переходной части можно повлиять на рабочие характеристики компонента. Например, материалы с различными коэффициентами теплового расширения (КТР) могут иметь градиент концентрации, переходящий от 100% концентрации одного материала к 100% концентрации другого материала, при этом концентрация в середине переходной части составляет приблизительно 50% для каждого материала. В зависимости от требований в области применения и от свойств материала могут использоваться различные скорости изменения градиента и равномерность этого градиента вдоль переходной части. Помимо теплового расширения, могут быть учтены другие факторы, к которым могут относиться предварительный расчет полных затрат (использование более дешевых материалов в случаях, когда отсутствует необходимость в более дорогостоящих материалах), упрочнение (использование более прочных материалов при необходимости повышения прочности) и т.п.

Возможно создание биметаллических комбинаций. При таком применении могут быть полезны различия в характеристиках материалов. Если обратиться к примеру КТР, при расположении слоев двух материалов с различными КТР рядом друг с другом они могут расширяться или сжиматься в разной степени в зависимости от изменения температуры. Соответственно, в одном варианте выполнения теплообменник может содержать теплообменные элементы, такие как ребра или усики, изготовленные с использованием процессов формирования биметаллических слоев так, что при изменении температуры ребра его физическая конфигурация также меняется. Это обстоятельство может быть использовано для избирательного направления потока текучей среды, проходящей по ребрам, в зависимости от ее температуры. Это может быть использовано для увеличения или уменьшения скорости потока, проходящего через теплообменник (опять же в зависимости от температуры контактирующей текучей среды). Кроме того, ребра в одном канале могут отличаться от ребер в другом канале (с другой текучей средой). Например, при увеличении температуры потока отработавшего газа ребра могут втягиваться для уменьшения скорости передачи тепла на "горячую сторону", в то же время ребра, находящиеся в контакте с хладагентом, могут выдвигаться для увеличения площади поверхности или количества соударений с обеспечением тем самым более эффективного распределения тепловой нагрузки к хладагенту. Таким образом, массовый теплоперенос в горячих пятнах может быть уравновешен до уровня более холодных пятен, при этом происходит более равномерная передача тепла от отработавших газов к хладагенту, чем в случае, когда в одном или обоих изображенных двух трактах или каналах выполнены статичные ребра.

Вдоль поверхностей, которые контактируют с потоками текучей среды, проходящими через один или более каналов, может быть создано покрытие или покрывающий слой. Подходящие покрытия могут быть выполнены из материала, отличного от материала опорной или базовой конструкции монолита, но при этом по-прежнему образованы в виде единой структуры (и поэтому являются частью монолита). В одном варианте выполнения покрывающий слой может использоваться для отделения текучей среды от базовой конструкции. Так, базовая конструкция из алюминия может быть подвержена химическому растворению при контакте со щелочной или кислотной текучей средой, поэтому может быть создано химически инертное покрытие для предотвращения контакта алюминия с кислотной/щелочной текучей сре-

дой. В одном варианте выполнения в покрытие может быть введен катализатор (например, платина) для обеспечения возможности катализирования потока отработавшего газа при его прохождении по покрытию. В другом варианте выполнения покрытие может иметь низкую поверхностную энергию и/или гладкую поверхность (т.е. поверхность с шероховатостью ниже порогового значения), чтобы, например, уменьшать или регулировать падение давления в потоке, проходящем через теплообменник.

Как и в случае покрытия, на теплообменнике может быть выполнен этап последующей чистовой обработки поверхности. Подходящая последующая механическая обработка зависит от параметров для конкретной области применения, однако в некоторых вариантах выполнения может использоваться промывка суспензией. К другим подходящим процессам могут относиться хонингование, шлифование, суперфиниширование для изменения текстуры или шероховатости поверхности. Может быть предпочтительным выполнение последующей обработки путем химического изменения поверхности таким способом, как кислотная промывка, азотирование, науглероживание, борирование, карбонитридирование и ферритное азотонауглероживание. В одном варианте выполнения для создания элемента, получаемого путем аддитивного производства, может использоваться материал, который при последующей обработке преобразуется в другой материал. Примерами такого материала могут быть кальцинированный материал или керамика/глазурь, которые образуются в результате нагревания теплообменника до температуры, достаточной для инициирования процесса преобразования.

Несмотря на то что теплообменник может быть описан как выполненный полностью с помощью аддитивных производственных процессов, по меньшей мере в одном варианте выполнения часть теплообменника может быть получена иным способом, например при помощи литья, механической обработки и/или подходящего производственного процесса. Затем изготовленная неаддитивным способом часть может быть объединена с монолитной частью, которая получена аддитивным способом и может быть "наращена" на базовую часть. Накладное формование пластмассовой части является неудовлетворительным, однако наглядным примером объединения двух производственных процессов для создания одного изделия. То есть литая часть может быть объединена с аддитивной частью, которая может быть наращена на нее. Эта часть, полученная аддитивным способом, может охватывать литую часть или может быть присоединена только к стороне литой части.

Ниже приведено описание одного аддитивного производственного процесса. Аддитивные производственные процессы обеспечивают изготовление компонентов с использованием трехмерной (3D) информации о компоненте, например трехмерной компьютерной модели компонента. Соответственно, до изготовления может быть определена трехмерная проектная модель теплообменника. В этой связи для определения трехмерной информации о теплообменнике может быть выполнено сканирование модели или прототипа теплообменника. В качестве другого примера возможно построение модели теплообменника с использованием подходящей программы автоматизированного проектирования (CAD) для создания трехмерной проектной модели теплообменника.

Каждый последовательный слой может иметь толщину, например, в диапазоне от приблизительно 10 до приблизительно 200 мкм, однако толщина может быть выбрана исходя из параметров, зависящих от конкретной области применения, и иметь значение в зависимости от области применения. Следовательно, при использовании вышеописанных способов аддитивного формования теплообменные поверхности (например, стенки) могут иметь толщину, равную толщине соответствующего слоя из порошкового материала (например, 10 мкм), используемого во время процесса аддитивного формования.

Теплообменник может представлять собой монолитный или единый элемент из сплошного материала. Под "монолитностью" изделий подразумевается то, что они могут не содержать составных частей и/или соединений или содержать меньше составных частей и/или соединений по сравнению с существующими теплообменниками. Монолитная конструкция явно исключает формованные, прессованные или литые части. Выполнение теплообменника за одно целое с помощью аддитивного производства может улучшить общий процесс сборки. Например, выполнение за одно целое может уменьшить количество отдельных частей, подлежащих сборке, с сокращением тем самым времени сборки и затрат на нее. Кроме того, могут быть уменьшены существующие проблемы, например, связанные с протечкой, сваркой и качеством соединения между отдельными частями, а также с общей производительностью.

Описанные способы аддитивного производства обеспечивают возможность получения более сложных и фигурных форм и контуров теплообменника. Например, теплообменник может иметь тонкие стенки (менее 0,07 см), узкие каналы и теплообменные элементы. Эти элементы могут быть относительно сложными и фигурными для максимизации теплопередачи и минимизации размера или опорной площади теплообменника. Способ аддитивного производства обеспечивает возможность изготовления конструкций, содержащих различные материалы и имеющих конкретные коэффициенты теплопередачи или требуемые текстуры поверхностей, например, усиливающие или ограничивающие поток текучей среды, проходящей через канал. Последовательный, аддитивный характер производственного процесса обеспечивает возможность образования этих каналов и элементов. В результате рабочие характеристики теплообменника могут отличаться от характеристик других теплообменников.

При использовании аддитивного процесса полученные чистовая обработка поверхности и размер канала могут обеспечивать улучшение потока текучей среды через каналы, улучшение теплопередачи в

каналах и т.д. Например, чистовая обработка поверхности может быть скорректирована (например, поверхность может быть более гладкой или более шероховатой) путем выбора соответствующих параметров лазера во время аддитивного процесса. Более грубая чистовая обработка может быть получена путем увеличения скорости сканирования лазера или толщины порошкового слоя, а более гладкая чистовая обработка может быть получена путем уменьшения скорости сканирования лазера или толщины порошкового слоя. Схема сканирования и/или мощность лазера также могут быть изменены для изменения чистовой обработки поверхности в выбранной области. Следует отметить, что более гладкая поверхность может способствовать более быстрому прохождению текучей среды через канал теплообменника, тогда как более шероховатая поверхность может способствовать созданию турбулентного потока текучей среды и увеличению теплопередачи.

В одном варианте выполнения изобретения терморегулирующее устройство содержит корпус. Указанное устройство содержит монолитную центральную конструкцию, расположенную внутри корпуса. Наружная поверхность центральной конструкции ограничивает по меньшей мере часть первого канала. Внутренняя поверхность центральной конструкции ограничивает по меньшей мере часть второго канала. Центральная конструкция содержит разделительную стенку, которая изолирует первый поток, проходящий через первый канал, от второго потока, проходящего через второй канал. Первый канал может находиться в тепловом контакте со вторым каналом. Центральная конструкция содержит один или более теплообменных элементов, или ребер, которые расположены в первом канале, втором канале или в обоих указанных каналах. Теплообменные элементы характеризуются толщиной и плотностью их распределения. При этом центральная конструкция дополнительно содержит деформируемый компонент, первый конец которого присоединен к конструкции корпуса, а второй конец присоединен к разделительной стенке. В другом варианте выполнения деформируемый компонент присоединяет одну разделительную стенку к другой разделительной стенке. Деформируемый компонент не перемещается по всей длине канала, а лишь присоединяет вышеуказанные разделительные стенки или корпус.

В одном варианте выполнения деформируемый компонент может иметь различные формы. Каждая форма может лучше подходить для различных областей применения исходя из ряда критериев, к которым, среди многого другого, могут относиться используемый материал, длина указанного компонента, тепловые и физические напряжения в компоненте или, возможно, текучая среда, проходящая в контакте с тепловым компонентом. В одном варианте выполнения деформируемый компонент может быть нелинейным и обеспечивает возможность сгибания и/или расширения центральной конструкции относительно корпуса.

В одном варианте выполнения терморегулирующее устройство может содержать два или более разных материалов. Эти материалы могут быть неоднородными и не легированными друг другом. Это может проявляться во множестве различных форм. Некоторые примеры этих форм приведены ниже, но возможные варианты выполнения не ограничены лишь перечисленными в данном документе. Указанные разные материалы могут быть наложены один на другой с чередованием по схеме или произвольным образом. Материал может использоваться для покрытия поверхностей теплообменника. Материал может быть материалом, добавляемым в химический или электрохимический процесс, такой как анодирование или подобный процесс. Материалы могут смешиваться в процессе формирования областей из различных материалов. Размер этих областей может изменяться от размера меньше песчинки до размера всего терморегулирующего устройства. Один пример такого выполнения может быть получен путем смешивания порошка различных материалов, используемых при создании терморегулирующего блока, если его необходимо изготовить аддитивным способом.

В одном варианте выполнения в терморегулирующем устройстве могут использоваться два или более разных материалов. Эти материалы используются таким образом, что первый материал может находиться в первой части, а второй материал может находиться во второй части корпуса теплообменника. Данные части могут быть выполнены так, что в областях или частях, испытывающих более высокие напряжения, может использоваться материал с более высокой усталостной прочностью, тогда как в менее критических областях или частях может использоваться более доступный материал. Материалы, выбранные для разных частей, также могут использоваться для уравнивания локальной тепловой эффективности. Материал, выбранный для одной части, может иметь значительно более высокую теплопроводность, а материал, выбранный для другой части, может иметь значительно более низкую теплопроводность. Это может быть сделано для снижения локальной эффективности в областях высокого теплового напряжения относительно других областей терморегулирующего устройства с выравниванием тем самым количества теплопередачи вдоль траектории потока текучей среды.

В одном варианте выполнения указанные части могут быть расположены в терморегулирующем устройстве послойно, при этом в нескольких частях имеется несколько материалов. Первая часть и вторая часть могут представлять собой разные слои теплообменного элемента. Первый материал может иметь коэффициент теплового расширения, отличный от коэффициента теплового расширения второго материала. Кроме того, теплообменные элементы могут изменяться в зависимости от температуры элемента. Теплообменные элементы могут быть волнистыми или иметь неплоскую форму. Оба указанных материала, используемых в теплообменных элементах, могут отличаться от любых других материалов,

используемых в терморегулирующем блоке. Теплообменные элементы также могут образовывать часть стенки, отделяющей поток текучей среды. В данном варианте выполнения элемент может перенаправлять поток в различные каналы в зависимости от температуры текучих сред. В другом варианте выполнения теплообменные элементы могут представлять собой ребра, при этом указанные ребра могут регулироваться с расположением в шахматном порядке или не в шахматном порядке в зависимости от температуры текучей среды. Кроме того, термически регулируемые теплообменные элементы могут быть выполнены или не быть выполнены во всем терморегулирующем устройстве. Кроме того, указанные элементы могут вести или не вести себя одинаково во всех местоположениях в устройстве.

В одном варианте выполнения терморегулирующего устройства могут иметься первая и вторая часть. Первая часть может представлять собой первую секцию, а вторая часть может представлять собой вторую секцию корпуса. Первый поток или второй поток может проходить сначала через первую часть, а затем через вторую часть. По меньшей мере некоторые из секций могут быть выполнены не из одного и того же материала. Материалы с более высокой усталостной прочностью или более низкой теплопроводностью могут использоваться в секции с наибольшим температурным градиентом потока текучей среды, при этом более доступный материал или материал с большей теплопроводностью может использоваться в секциях с меньшим температурным градиентом между потоками.

В одном варианте выполнения разделительная стенка терморегулирующего устройства ограничивает один или более трактов. Эти тракты образуют один канал. По меньшей мере два тракта могут не быть параллельны друг другу. Несколько трактов могут быть не параллельны друг другу, что приводит к тому, что общая форма терморегулирующего устройства является криволинейной и/или извилистой.

Устройство может ограничивать два или более каналов. В одном варианте выполнения имеются первый канал и второй канал. Первый канал, второй канал или оба указанных канала могут отличаться друг от друга в одном или более аспектах. Одним отличием может быть площадь поперечного сечения вдоль тракта соответствующих им потоков. Площадь поперечного сечения канала может отличаться в зависимости по меньшей мере частично от параметров, характерных для конкретной области применения. К этим параметрам могут относиться тип текучей среды, скорости потоков, скорости теплопередачи, толщина стенки, материалы стенки или теплообменника или материал ребер.

Что касается площади поперечного сечения, в зависимости от местоположения имеют место первая и вторая толщины. По меньшей мере одна из этих толщин может находиться в диапазоне от приблизительно 0,0127 до приблизительно 0,0254 см. Подходящий диапазон толщины может зависеть по меньшей мере частично от конкретной области применения. Подходящие диапазоны для конкретных вариантов использования могут составлять от приблизительно 0,0127 до приблизительно 0,0150 см, от приблизительно 0,0150 до приблизительно 0,0170 см, от приблизительно 0,0170 до приблизительно 0,0190 см, от приблизительно 0,0190 до приблизительно 0,0210 см, от приблизительно 0,0210 до приблизительно 0,0230 см или от приблизительно 0,0230 до приблизительно 0,0254 см. Выбор соответствующего диапазона может осуществляться исходя из соображений, относящихся к допустимому падению давления в терморегулирующем устройстве, свойствам текучей среды или текучих сред, проходящих через устройство, требуемой площади поверхности устройства, материалу ребер, расположению ребер, требуемой тепловой эффективности или материалу стенок устройства. Данные толщины характеризуют толщины теплообменных элементов. Эти элементы могут иметь множество различных форм и, среди прочего, могут представлять собой выступы, ворсинки/усики или удлиненные реброобразные конструкции.

В одном варианте выполнения могут иметь место первая плотность расположения теплообменных элементов и вторая плотность расположения теплообменных элементов. По меньшей мере одна из этих плотностей может изменяться вдоль по меньшей мере одного из каналов в различных местоположениях терморегулирующего устройства. В некоторых случаях, в зависимости от области применения, плотность может изменяться дискретно в одной или более секциях, в других случаях плотность может изменяться постепенно на протяжении по меньшей мере участка канала или оба вида изменения могут иметь место вдоль одного и того же канала. Плотность распределения может составлять от приблизительно 2 до приблизительно 40 теплообменных элементов/см. Этот диапазон может быть разделен на множество различных поддиапазонов в зависимости от области применения терморегулирующего блока. Наиболее подходящий диапазон плотности распределения или то, как различается плотность, может зависеть по меньшей мере частично от одного или более из следующего: от материалов элементов, конкретной используемой текучей среды, толщины элементов, конфигурации или формы элементов, требования к общей эффективности, требования к локальной эффективности или допустимого падения давления текучей среды, проходящей через устройство. Вдоль канала также может иметь место изменение других аспектов. Например, могут изменяться сами ребра, может изменяться угол наклона ребер относительно стенки, а также может изменяться плотность расположения элементов, причем все указанные параметры могут изменяться в зависимости от друг друга. Ребра могут характеризоваться различной плотностью расположения, разнесением или ориентацией в зависимости от их местоположения вдоль тракта, по которому проходит поток.

Плотность распределения теплообменных элементов может быть относительно низкой в части теплообменника с относительно более высоким уровнем теплового напряжения. И наоборот, плотность рас-

пределения элементов теплообменника может быть выше в части, в которой имеет место меньшее тепловое напряжение. Тепловое напряжение может представлять собой одно или более из следующего: циклическая тепловая нагрузка, колебания абсолютной температуры, отклонения температуры за пределы определенного диапазона рабочих температур или комбинации вышеперечисленного с повышенными перепадами давления и/или вибрациями.

В одном варианте выполнения по меньшей мере один теплообменный элемент или ребро может не быть перпендикулярным стенке. По меньшей мере один из теплообменных элементов может быть расположен под углом относительно плоскости, определяемой стенкой, причем значение указанного угла попадает в множество различных диапазонов. Подходящим диапазоном углов может быть диапазон от приблизительно 0,001 до менее чем 90°. В зависимости от области применения значение угла может лежать в диапазоне от приблизительно 0,001 до приблизительно 15°, от приблизительно 16 до приблизительно 30°, от приблизительно 31 до приблизительно 45°, от приблизительно 46 до приблизительно 60°, от приблизительно 61 до приблизительно 75° или от приблизительно 76° до менее чем 90°. Конкретный угол может зависеть по меньшей мере частично от области применения и других сопутствующих факторов. К некоторым из этих факторов могут относиться типы термальной текучей среды, используемой в различных каналах устройства, толщина теплообменных элементов, плотность расположения теплообменных элементов, допустимый перепад давлений в терморегулирующем блоке, требуемая общая эффективность терморегулирующего устройства или требуемая локальная эффективность терморегулирующего устройства и материалы, используемые при формировании теплообменных элементов.

Возможно использование большого количества теплообменных элементов. В направлении потока, проходящего через канал, может быть расположен первый теплообменный элемент, смещенный относительно второго элемента, расположенного ниже по потоку от первого элемента. Таким образом, элементы могут быть расположены в шахматном порядке с обеспечением тем самым разрушения пограничного слоя потока у стенки и увеличения количества точек соударения.

В одном варианте выполнения один или более теплообменных элементов могут иметь сложную форму. Элемент со сложной формой может представлять собой ребро с неплоской формой. Подходящее ребро может иметь изогнутую, волнистую или складчатую форму/форму гофра. Оно может быть присоединено по меньшей мере к двум стенкам, которые отделяют поток текучей среды.

В одном варианте выполнения корпус ограничивает первую впускную область и первую выпускную области. Указанные области расположены на противоположных концах первого канала. Первая впускная область может быть расположена выше по потоку от первой выпускной области. Температура потока в первой впускной области выше, чем в первой выпускной области. Плотность расположения теплообменных элементов в первой впускной области может быть меньше, чем в первой выпускной области. Корпус может ограничивать вторую впускную область и вторую выпускную область, расположенные на противоположных концах второго канала. Вторая впускная область может быть расположена выше по потоку от второй выпускной области относительно второго потока. Второй канал в первой впускной области может характеризоваться более высоким объемным расходом, большей линейной скоростью потока или и тем, и другим в зависимости от области применения, чем в первой выпускной области.

В одном варианте выполнения корпус может ограничивать отверстие для датчика. Данное отверстие предназначено для размещения датчика или для размещения заглушки, когда датчик отсутствует. Корпус может содержать по меньшей мере часть системы рециркуляции отработавших газов, системы маслоохладителя, радиаторной системы или системы подогревателя топлива, системы промежуточного охладителя или системы вторичного охладителя, которая может быть присоединена к двигателю.

В одном варианте выполнения терморегулирующее устройство содержит корпус. Внутри корпуса расположена монолитная центральная конструкция. Центральная конструкция может иметь наружную поверхность, ограничивающую по меньшей мере часть первого канала, и внутреннюю поверхность, ограничивающую по меньшей мере часть второго канала. Центральная конструкция содержит разделительную стенку, которая изолирует первый поток, проходящий через первый канал, от второго потока, проходящего через второй канал. Первый канал может находиться в тепловом контакте со вторым каналом. Центральная конструкция содержит один или более теплообменных элементов, которые расположены в первом канале, втором канале или в обоих указанных каналах. Теплообменные элементы характеризуются толщиной и плотностью их распределения. Кроме того, центральная конструкция содержит два или более разных материала, которые являются неоднородными и не легированы друг другом.

В одном варианте выполнения терморегулирующее устройство содержит корпус. Внутри корпуса расположена монолитная центральная конструкция. Центральная конструкция может иметь наружную поверхность, ограничивающую по меньшей мере часть первого канала, и внутреннюю поверхность, ограничивающую по меньшей мере часть второго канала. Центральная конструкция содержит разделительную стенку, которая изолирует первый поток, проходящий через первый канал, от второго потока, проходящего через второй канал. Первый канал может находиться в тепловом контакте со вторым каналом. Монолитная центральная конструкция имеет одно или более ребер, которые расположены в первом канале, втором канале или в обоих указанных каналах. Ребра имеют сложную форму. Монолитная центральная конструкция имеет покрытие или поверхностный слой, который может быть выполнен из мате-

риала, отличного от материала основной части центральной конструкции, материала указанных одного или более ребер или материала как центральной конструкции, так и ребер.

Может быть сделана подробная ссылка на варианты выполнения изобретения, один или более примеров которых изображены на прилагаемых чертежах. В приведенном подробном описании для ссылки на элементы, показанные на чертежах, используются числовые и буквенные обозначения. Аналогичные или подобные обозначения на чертежах и в описании используются для ссылки на аналогичные или подобные элементы.

Используемые в данном документе слова "первый", "второй" и "третий" могут использоваться взаимозаменяемым образом для отличия одного компонента от другого и не служат для обозначения местоположения или значимости отдельных компонентов. Выражения "выше по потоку" и "ниже по потоку" относятся к направлению относительно потока текучей среды в тракте для текучей среды. Например, выражение "выше по потоку" обозначает направление, указывающее, откуда поступает поток текучей среды, а выражение "ниже по потоку" обозначает направление, указывающее, куда проходит поток текучей среды. Используемое в данном документе выражение "текучая среда" может означать газ или жидкость. Подходящей охлаждающей текучей средой может быть воздух, а охлаждаемой текучей средой может быть смазочное масло. Возможно использование других типов текучих сред, жидких и газообразных. Другими примерами текучих сред могут быть керосин, бензин или дизельное топливо. Другими текучими средами могут быть гидравлическая текучая среда, газ сгорания, охладитель, охладительные смеси, диэлектрическая текучая среда для охлаждения электронных систем, вода или составы на водной основе, противоморозные добавки (например, спиртовые или гликолевые составы), а также другие органические или неорганические теплопередающие текучие среды или смеси текучих сред. В некоторых областях применения данные текучие среды способны к стабильной теплопередаче при повышенных или пониженных температурах.

В приведенном описании примеры используются для раскрытия изобретения, в том числе предпочтительного варианта выполнения, а также для обеспечения возможности реализации изобретения на практике, включая изготовление и использование любых устройств или установок и осуществление любых предусмотренных способов, специалистом. Объем правовой охраны изобретения определен формулой изобретения и может охватывать другие примеры, очевидные специалистам в данной области техники. Подразумевается, что такие другие примеры находятся в рамках объема формулы изобретения, если они содержат конструктивные элементы, не отличающиеся от описанных в дословном тексте формулы, или эквивалентные конструктивные элементы, незначительно отличающиеся от описанных в дословном тексте формулы.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Терморегулирующее устройство (800), содержащее корпус (802), монолитную центральную конструкцию (804), расположенную внутри указанного корпуса (802), причем наружная поверхность (806) указанной центральной конструкции (804) ограничивает по меньшей мере часть первого канала (808), а внутренняя поверхность (810) указанной центральной конструкции (804) ограничивает по меньшей мере часть второго канала (812), при этом указанная центральная конструкция (804) содержит разделительную стенку (820), предназначенную для изоляции первого потока, проходящего через указанный первый канал (808), от второго потока, проходящего через указанный второй канал (812), причем указанный первый канал (808) находится в тепловом контакте с указанным вторым каналом (812), при этом указанная центральная конструкция (804) содержит один или более теплообменных элементов (830), которые расположены в указанном первом канале (808) или указанном втором канале (812) или в обоих указанных каналах (808, 812) и характеризуются толщиной и плотностью их распределения, причем указанная центральная конструкция (804) содержит упругий элемент (840), выполненный с возможностью расширения/сжатия, гнутья или изгибания под действием нагрузки, при этом первый конец (842) указанного упругого элемента (840) присоединен к конструкции корпуса, а второй конец (844) указанного элемента (840) присоединен к указанной разделительной стенке (820) с обеспечением возможности сгибания и/или расширения указанной центральной конструкции (804) относительно указанного корпуса (802).
2. Терморегулирующее устройство по п.1, в котором указанный упругий элемент (840) является нелинейным, при этом корпус (802) содержит два или более разных материалов, которые являются неоднородными и не легированы друг другом.
3. Терморегулирующее устройство по п.2, в котором указанные два или более разных материалов расположены так, что первый материал находится в первой части, а второй материал находится во второй части указанного корпуса (802).
4. Терморегулирующее устройство по п.3, в котором указанные первая и вторая части представляют собой разные слои теплообменного элемента, при этом указанный первый материал имеет коэффициент

теплового расширения, отличный от коэффициента теплового расширения указанного второго материала, в результате чего форма указанного теплообменного элемента изменяется в зависимости от его температуры.

5. Терморегулирующее устройство по п.3, в котором указанная первая часть представляет собой первую секцию, а указанная вторая часть представляет собой вторую секцию указанного корпуса (802), при этом указанный первый поток или указанный второй поток проходит через указанную первую часть до прохождения через указанную вторую часть.

6. Терморегулирующее устройство по п.1, в котором указанная разделительная стенка (820) ограничивает набор трактов, образующих один канал, при этом по меньшей мере два из указанных трактов ориентированы и выполнены так, что они не параллельны друг другу.

7. Терморегулирующее устройство по п.1, в котором площадь поперечного сечения указанного первого канала (808), указанного второго канала (812) или обоих указанных каналов (808, 812) изменяется вдоль тракта соответствующего им потока, при этом первая толщина и/или вторая толщина находятся в диапазоне от приблизительно 0,0127 до приблизительно 0,0254 см.

8. Терморегулирующее устройство по п.1, в котором первая плотность расположения теплообменных элементов и/или вторая плотность расположения теплообменных элементов изменяются вдоль по меньшей мере одного канала в различных местоположениях терморегулирующего устройства.

9. Терморегулирующее устройство по п.1, в котором плотность распределения теплообменных элементов является наименьшей в той части теплообменника, где тепловое напряжение является относительно большим, чем в части с меньшим тепловым напряжением.

10. Терморегулирующее устройство по п.1, в котором по меньшей мере один из теплообменных элементов расположен под углом относительно плоскости, определяемой указанной стенкой, причем значение указанного угла находится в диапазоне от приблизительно 0,001 до менее чем 90°.

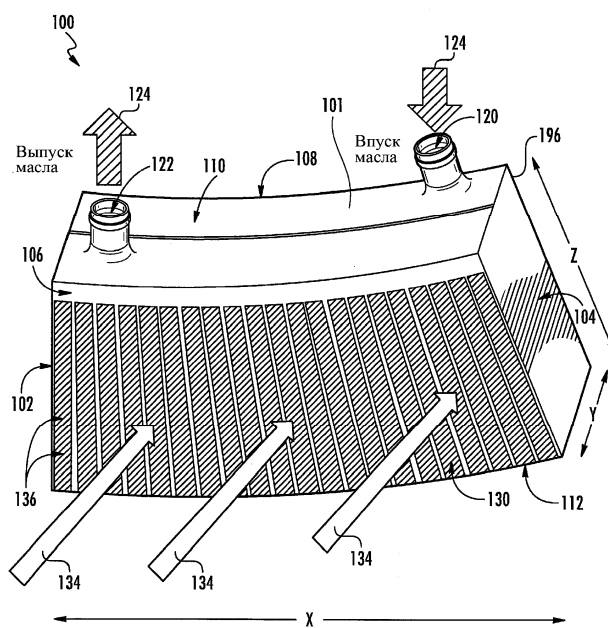
11. Терморегулирующее устройство по п.1, в котором теплообменный элемент является одним элементом из набора теплообменных элементов, при этом в направлении потока, проходящего через указанный канал, расположен первый элемент из набора теплообменных элементов, смещенный относительно второго теплообменного элемента, расположенного ниже по потоку от указанного первого элемента, с обеспечением расположения теплообменных элементов в шахматном порядке.

12. Терморегулирующее устройство по п.1, в котором по меньшей мере один теплообменный элемент имеет сложную форму.

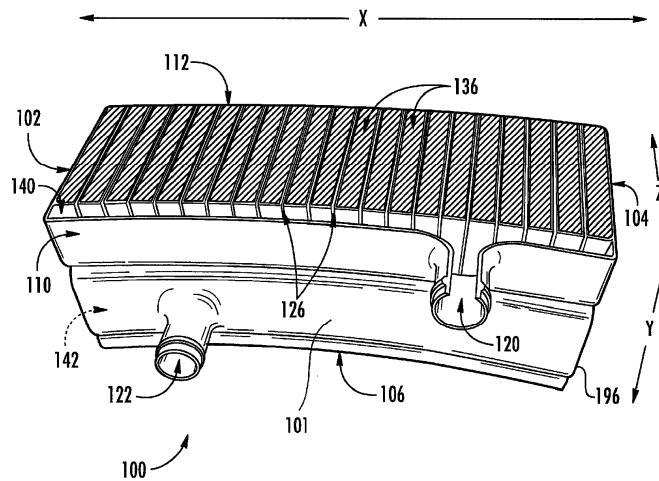
13. Терморегулирующее устройство по п.1, в котором указанный корпус (802) ограничивает первую впускную область и первую выпускную область, находящиеся на противоположных концах указанного первого канала, причем указанная первая впускная область находится выше по потоку от указанной первой выпускной области, при этом температура потока в указанной первой впускной области выше, чем в указанной первой выпускной области, а плотность расположения теплообменных элементов в указанной первой впускной области меньше, чем в указанной первой выпускной области.

14. Терморегулирующее устройство по п.1, в котором по меньшей мере один теплообменный элемент подвергнут чистовой обработке поверхности, при этом указанный корпус (802) ограничивает отверстие для датчика, предназначенное для введения датчика.

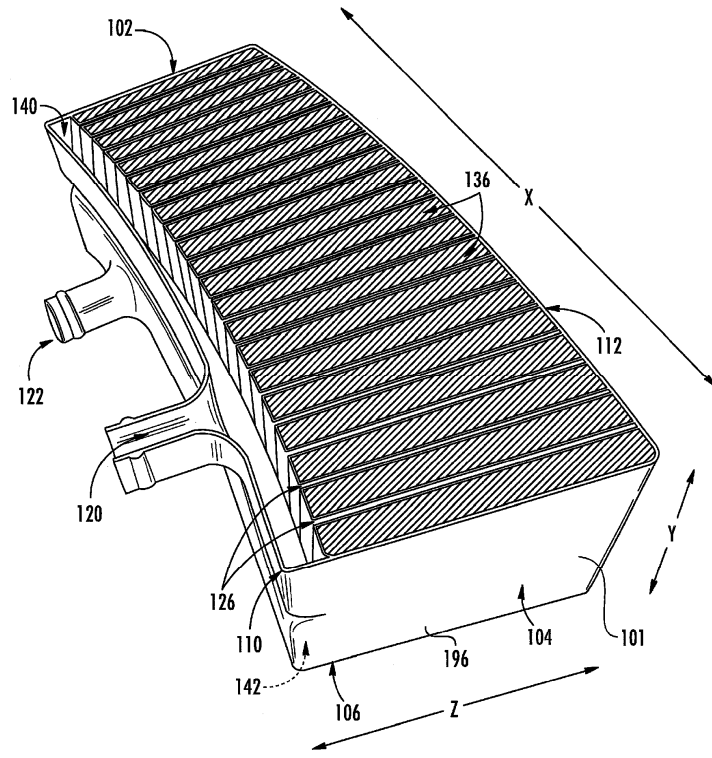
15. Терморегулирующее устройство по п.1, в котором указанный корпус (802) содержит по меньшей мере часть системы рециркуляции отработавших газов, системы маслоохладителя, радиаторной системы или системы подогревателя топлива, системы промежуточного охладителя или системы вторичного охладителя, которая присоединена к двигателю, при этом теплообменные элементы представляют собой ребра.



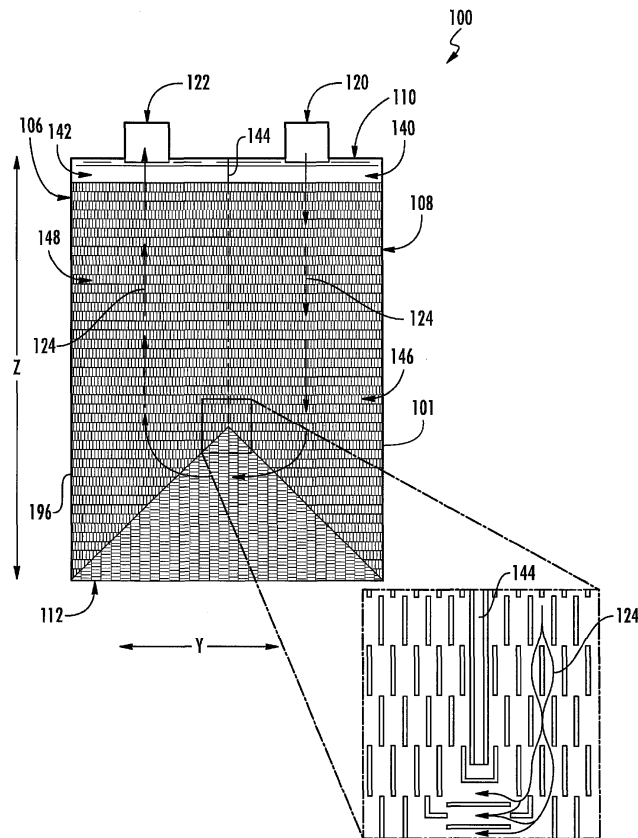
Фиг. 1



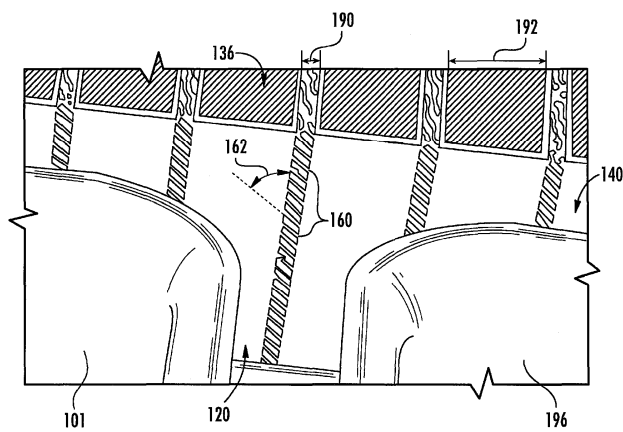
Фиг. 2



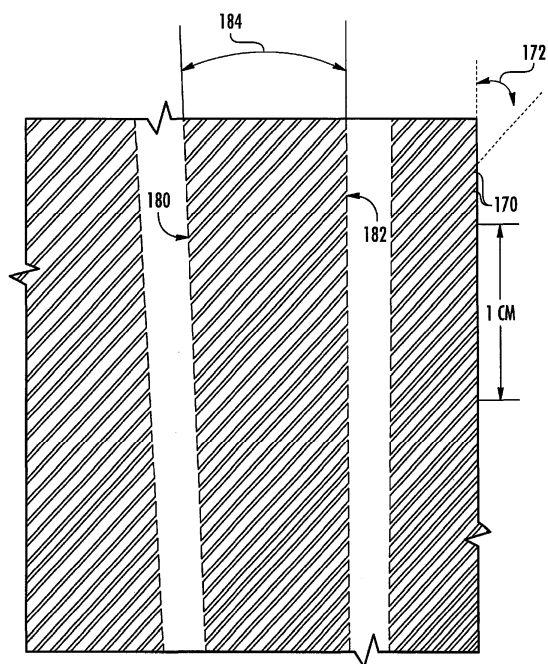
Фиг. 3



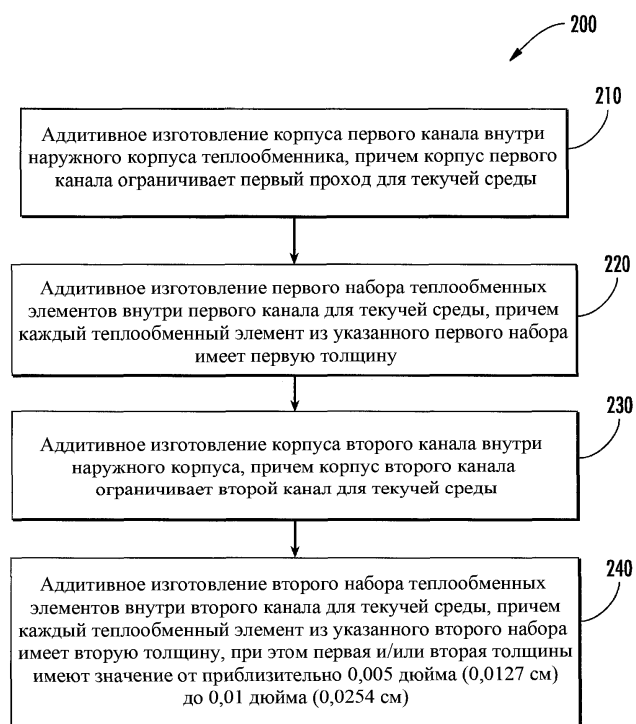
Фиг. 4



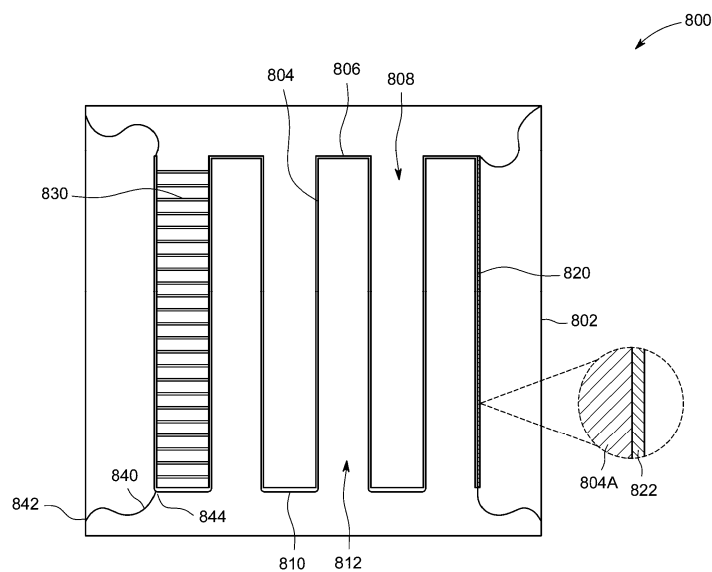
Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8

