

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202191198 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2021.09.14

(22) Дата подачи заявки
2019.10.28

(51) Int. Cl. B32B 25/02 (2006.01)
B32B 27/04 (2006.01)
D04H 1/00 (2006.01)
D04H 13/00 (2006.01)
D04H 3/00 (2012.01)

(54) СИСТЕМА РЕБЕР РАДИАТОРА, ВЫПОЛНЕННЫХ ИЗ УГЛЕРОДНОГО ВОЛОКНА

(31) 62/754,325

(32) 2018.11.01

(33) US

(86) PCT/US2019/058312

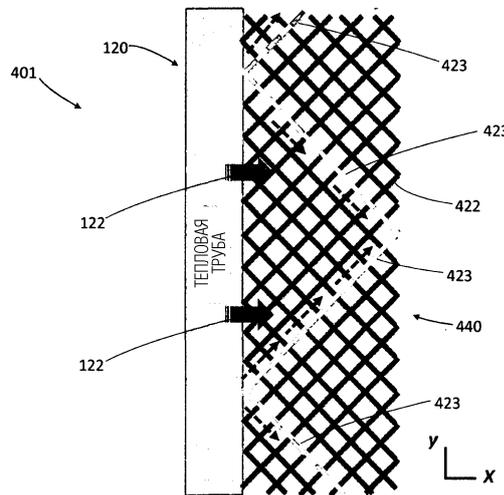
(87) WO 2020/092217 2020.05.07

(71) Заявитель:
ЭТОМОС НЬЮКЛИАР ЭНД СПЕЙС
КОРПОРЕЙШН (US)

(72) Изобретатель:
Питцак Сандра, Кларк Ванесса (US)

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

(57) Предложены системы и способы изготовления ребер радиатора. В одном варианте выполнения предусмотрено ребро радиатора, изготовленное из углеродного волокна. В соответствии с одним аспектом ребро радиатора изготовлено из углеродных волокон, образующих переплетающийся рисунок. В соответствии с другим аспектом ребро радиатора, образованное из переплетенных углеродных волокон, прикреплено непосредственно к тепловой трубе, соединенной с источником тепла.



202191198
A1

202191198
A1

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

2420-568770EA/061

СИСТЕМА РЕБЕР РАДИАТОРА, ВЫПОЛНЕННЫМИ ИЗ УГЛЕРОДНОГО ВОЛОКНА

ПЕРЕКРЕСТНАЯ ССЫЛКА НА РОДСТВЕННУЮ ЗАЯВКУ

Данная заявка представляет собой обычную патентную заявку и притязает на преимущества приоритета по предварительной патентной заявке США № 62/754,325, поданной 1 ноября 2018 и озаглавленной “Carbon Fiber Radiator Fin System”, раскрытие которой настоящим полностью включено в данный документ путем ссылки.

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ, К КОТОРОЙ ОТНОСИТСЯ ИЗОБРЕТЕНИЕ

Раскрытие изобретения относится в целом к системам и способам изготовления ребер радиатора и, более конкретно, к системам и способам изготовления ребер радиатора, выполненных из углеродных волокон, таких как ребра радиатора, выполненные из углеродных волокон и предназначенные для применений в космосе.

ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Радиаторы представляют собой теплообменники, которые передают тепловую энергию от одной среды к другой для обеспечения охлаждения или нагрева. Радиаторное устройство отводит тепло посредством излучения тепловой энергии от поверхностных компонентов, а именно от обычно плоских поверхностей для обеспечения максимальной площади поверхности для излучения тепла. Конструкция радиатора соответствует многим требованиям, включая количество рассматриваемой тепловой энергии, тип теплопередающих средств и ограничения по весу или размеру.

Требования к конструкции радиаторов, используемых в космосе, являются особенно трудновыполнимыми и проблематичными с учетом серьезных ограничений, накладываемых на вес и размер любого устройства или компонента, запускаемого в космос. Радиаторы, используемые в космосе, обеспечивают отвод тепловой энергии от ребер радиаторов посредством излучения световой энергии, например, энергии инфракрасного излучения, от поверхности ребер радиаторов. Для применений в космосе, которые требуют особенно большого количества отводимого тепла, ребра радиаторов должны быть проводящими и теплостойкими при одновременной максимизации количества тепла, излучаемого на единицу площади и на единицу массы.

Традиционные радиаторы, используемые в космических аппаратах, состоят из плоских металлических панелей с рабочей текучей средой, транспортирующей тепло к панелям от космического аппарата посредством тепловых труб, при этом панели излучают это тепло в космическое пространство. В случае применений, в которых должен быть обеспечен отвод относительно большого количества тепла, но масса и площадь особенно ограничены, таких как космический аппарат с ядерным электроракетным двигателем, радиаторы работают при более высоких температурах для уменьшения требуемой площади радиаторов. Обычная конструкция радиаторов для космических аппаратов предусматривает использование огражденной панели, которая характеризуется

недостаточной эффективностью теплопередачи и излучения тепла.

Раскрытие изобретения направлено на решение известных сложных задач и проблем, связанных с радиаторами для космических аппаратов, посредством выполнения радиаторной системы из углеродных волокон, содержащей ребра радиатора, образованные из переплетенных углеродных волокон, при этом ребра радиатора прикреплены непосредственно к тепловой трубе, соединенной с источником тепла. Несмотря на то, что в раскрытии изобретения сделан упор на использовании переплетенных углеродных волокон для образования ребра радиатора, для образования раскрытых ребер радиатора могут быть использованы другие материалы, включая любой материал, который может быть преобразован в пряжи, нить или ленту с гибкостью, позволяющей образовать различные раскрытые формы и конфигурации/рисунки.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Настоящее раскрытие изобретения может обеспечить ряд преимуществ в зависимости от конкретного аспекта, варианта выполнения и/или конфигурации.

По существу, раскрыта система ребер радиатора, образованными из углеродных волокон, которая содержит одно или более ребер радиатора, образованных из переплетенных углеродных волокон. Ребра радиатора прикреплены непосредственно к тепловой трубе, соединенной с источником тепла. Большой процент отдельных углеродных волокон, образующих ребро радиатора, образует непосредственное тепловое соединение с тепловой трубой; в одном варианте выполнения по существу все углеродные волокна образуют непосредственное тепловое соединение с тепловой трубой.

Углеродное волокно имеет высокую теплостойкость, высокую удельную теплопроводность и низкую плотность, что делает его желательным материалом для ребер радиатора. В одном варианте выполнения источник тепла связан с ядерной электроракетной двигательной установкой. Один/одна или более способов, технологий и конструкций из текстильной промышленности используются для образования переплетенных углеродных волокон ребер радиатора. Например, вязание и тканье используются для преобразования переплетенных углеродных волокон в по существу плоское ребро радиатора.

В одном варианте выполнения раскрыта система ребер радиатора, образованными из углеродных волокон, при этом система содержит множество углеродных волокон, выполненных с возможностью изгибания по меньшей мере вдоль продольной оси, причем каждое углеродное волокно выполнено с возможностью передачи тепловой энергии, когда оно имеет тепловую связь с тепловой трубой, при этом множество углеродных волокон образуют переплетающийся рисунок и образуют ребро радиатора, причем ребро радиатора имеет тепловую связь с тепловой трубой, и по существу каждое углеродное волокно из множества углеродных волокон находится в прямом тепловом контакте с тепловой трубой, при этом переплетающийся рисунок представляет собой по меньшей мере один из рисунка, полученного плетением (braided pattern), и рисунка трикотажного переплетения (knit stitch pattern), и ребро радиатора отводит тепловую энергию от

тепловой трубы.

В соответствии с одним аспектом переплетающийся рисунок представляет собой переплетающийся рисунок, полученный переплетением. В соответствии с другим аспектом переплетающийся рисунок, полученный переплетением, не имеет жгутов утка. В соответствии с еще одним аспектом переплетающийся рисунок обеспечивает образование мата из углеродных волокон, имеющего продольную ось, проходящую в соответствии с аксиальной длиной множества углеродных волокон, при этом тепловая труба по существу параллельна продольной оси мата из углеродных волокон. В соответствии с еще одним аспектом по существу каждое углеродное волокно мата из углеродных волокон соединено с тепловой трубой более чем в одном месте вдоль соответствующей продольной оси каждого углеродного волокна. В соответствии с еще одним аспектом по меньшей мере часть ребра радиатора по меньшей мере частично окружает тепловую трубу. В соответствии с еще одним аспектом ребро радиатора присоединено к тепловой трубе посредством электроннолучевой сварки. В соответствии с еще одним аспектом ребро радиатора содержит по существу прямолинейную кромку. В соответствии с еще одним аспектом тепловая труба имеет тепловую связь с источником тепловой энергии. В соответствии с еще одним аспектом источник тепловой энергии представляет собой ядерную электроракетную двигательную установку. В соответствии с еще одним аспектом поверхность ребра радиатора представляет собой неровную поверхность. В соответствии с еще одним аспектом по существу каждое углеродное волокно из множества углеродных волокон соединено с тепловой трубой в более чем одном месте вдоль соответствующей продольной оси каждого углеродного волокна.

В другом варианте выполнения раскрыт способ изготовления системы ребер радиатора, образованными из углеродных волокон, при этом способ включает обеспечение наличия множества углеродных волокон, выполненных с возможностью изгибания по меньшей мере вдоль продольной оси, переплетение множества углеродных волокон для образования ребра радиатора, при этом ребро радиатора образовано из множества углеродных волокон, и прикрепление ребра радиатора к тепловой трубе, при этом тепловая труба имеет тепловую связь с источником тепловой энергии, при этом по существу каждое углеродное волокно из множества углеродных волокон присоединяют к тепловой трубе, и ребро радиатора отводит тепловую энергию от тепловой трубы.

В соответствии с одним аспектом ребро радиатора свободно от жгутов утка в подмножестве углеродных волокон. В соответствии с другим аспектом поверхность ребра радиатора представляет собой текстурированную поверхность. В соответствии с еще одним аспектом переплетающийся рисунок представляет собой один из рисунка, полученного плетением, и рисунка трикотажного переплетения. В соответствии с еще одним аспектом этап прикрепления ребра радиатора к тепловой трубе выполняют посредством электроннолучевой сварки. В соответствии с еще одним аспектом переплетающийся рисунок представляет собой переплетающийся рисунок трикотажного переплетения, который обеспечивает образование мата из углеродных волокон, имеющего

продольную ось, проходящую в соответствии с аксиальной длиной множества углеродных волокон, при этом тепловая труба по существу параллельна продольной оси мата из углеродных волокон. В соответствии с еще одним аспектом тепловую трубу присоединяют к каждому углеродному волокну в множестве мест вдоль соответствующей продольной оси каждого углеродного волокна. В соответствии с еще одним аспектом поверхность ребра радиатора представляет собой текстурированную поверхность, и переплетающийся рисунок представляет собой переплетающийся рисунок трикотажного переплетения.

Термин «переплетение рогожки» (“basket weave”) означает переплетение, в котором предусмотрено чередование $n \times m$ участков из лицевых и изнаночных петель, что приводит к внешнему виду переплетения, подобному шахматной доске или рогожке.

Термин «плетение» (“braid”) означает тип переплетения, в котором три или более нитей перекрещиваются друг с другом, чтобы, в свою очередь, получить изделие, которое, как правило, имеет длину, значительно превышающую его ширину, такое как канат.

Термин «углеволокно» (“carbon-fiber”) или «углеродное волокно» (“carbon fiber”) означает волокна, образованные большей частью из углерода, которые обладают свойствами, желательными для многих высокотехнологичных применений.

Термин «ребро» (“fin”) означает тонкий теплопроводящий материал, как правило, прикрепленный к тепловой трубе, который излучает тепло, например, в наружное пространство.

Термин «платочная вязка» (“garter”) означает переплетающийся рисунок, состоящий из чередующихся рядов из только лицевых и только изнаночных петель.

Термины «переплетающийся» (“interlaced”) и «сотканный» (“interwoven”) означают перекрещивающиеся вместе сложным образом.

Выражение «тепловая труба» (“heat pipe”) означает полую, обычно металлическую трубу, содержащую рабочую текучую среду, используемую для отвода тепла от источника тепла к радиатору.

Термин “knit” означает 1) процесс преобразования одномерной непрерывной нити в двумерное полотно (вязание) посредством использования сцепляющихся петель (loops), называемых петлями (stitches), или 2) тип петли (лицевую петлю), которая противоположна изнаночной петле.

Термин «изнаночная петля» (“purl”) означает петлю, противоположную лицевой петле и используемую для создания различия в текстуре, при этом передняя сторона лицевой петли имеет вид задней стороны изнаночной петли, и наоборот.

Термин «радиатор» (“radiator”) означает теплообменник, который обеспечивает передачу, излучение, рассеяние и/или диссипацию тепловой энергии, такой как тепло, от одной среды к другой для обеспечения охлаждения или нагрева.

Термин «ластичное переплетение/резинка» (“rib”) означает переплетающийся рисунок, в котором предусмотрено чередование одной или более лицевых петель с одной или более изнаночными петлями, повторяющееся в каждом ряду, что приводит к

внешнему виду с рубчиками.

Термин «ряд» (“row”) означает 1) последовательность петель, которая часто повторяется в заданном рисунке, и 2) наименьшую единицу длины рисунка, полученного вязанием.

Термин «путанка, жемчужная вязка» (“seed stitch”) означает переплетающийся рисунок, в котором лицевые и изнаночные петли чередуются как в горизонтальном направлении, так и в вертикальном направлении, что приводит к бугристой текстуре.

Термин «петля» (“stitch”) означает наименьшую единицу ширины в рисунке, полученном вязанием.

Термин «чулочная вязка» (“stockinette”) означает переплетающийся рисунок, который состоит только из лицевых петель или только из изнаночных петель (в зависимости от того, с какой стороны на него смотрят).

Термин «тепловая энергия» (“thermal energy”) означает внутреннюю энергию, имеющуюся в системе из-за ее температуры.

Термин «жгут» (“tow”) означает пучок непрерывных волокон, не подвергнутый крутке.

Термин «основа» (“warp”) означает множество волокон, проходящих вдоль длины тканого полотна.

Термин «тканье» (“weave”) означает способ создания полотна посредством перекрещивания волокон друг над другом и друг под другом, который требует наличия множества нитей, расположенных параллельно, и по меньшей мере одной нити, которая перекрещивается с остальными.

Термин «уток» (“weft”) означает множество волокон, который проходят поперек тканого полотна.

Выражение «рабочая текучая среда» (“working fluid”) означает текучую среду, которая обеспечивает перенос тепла посредством протекания по тепловой трубе.

Термин «нить» (“yarn”) означает пучок непрерывных волокон, подвергнутый крутке.

Выражения «по меньшей мере один», «один или более» и «и/или» являются неограничивающими выражениями, которые являются как конъюнктивными, так и дизъюнктивными при использовании. Например, каждое из выражений «по меньшей мере одно из А, В и С», «по меньшей мере одно из А, В или С», «одно или более из А, В и С», «одно или более из А, В или С» и «А, В и/или С» означает только А, только В, только С, А и В вместе, А и С вместе, В и С вместе или А, В и С вместе.

При использовании артикля “a” или “an” для упоминания объекта может идти речь об одном или более данных объектов. По существу, формы единственного числа, выражения «один или более» и «по меньшей мере один» могут быть использованы в данном документе как взаимозаменяемые. Также следует отметить, что термины «содержащий», «включающий в себя» и «имеющий» могут использоваться как взаимозаменяемые. Термин «автоматический» и его разновидности в контексте данного

документа относятся к любому процессу или любой операции, осуществляемому (-й) без материального участия человека при выполнении данного процесса или данной операции. Однако процесс или операция может быть автоматическим (-ой), даже несмотря на то, что выполнение процесса или операции предусматривает материальное или нематериальное участие человека, если участие человека имеет место до выполнения процесса или операции. Участие человека считается материальным, если такое участие влияет на то, как будет выполняться процесс или операция. Участие человека, которое означает санкционирование выполнения процесса или операции, не считается «материальным».

Термины «определять», «рассчитывать» и «вычислять» и их разновидности в контексте данного документа используются как взаимозаменяемые и охватывают любой тип методики, процесса, математической операции или технического решения.

Термин «средства» в контексте данного документа должен толковаться в его самом широком возможном смысле в соответствии с Разделом 35 Кодекса законов США, Статья 112, Пункт 6. Соответственно, пункт формулы изобретения, включающий термин «средства», должен охватывать все структуры/конструкции, материалы или действия/операции, приведенные в данном документе, и все их эквиваленты. Кроме того, структуры/конструкции, материалы или действия/операции и их эквиваленты должны охватывать все те, которые описаны в кратком описании сущности изобретения, кратком описании чертежей, подробном описании, реферате и самой формуле изобретения.

Различные варианты выполнения или части способов изготовления, например, анализ знаков, могут быть также или в качестве альтернативы реализованы частично посредством программного обеспечения и/или программно-аппаратного обеспечения. Это программное обеспечение и/или программно-аппаратное обеспечение может иметь вид команд, содержащихся в или на машиночитаемом носителе, предназначенном для долговременного хранения информации. При этом данные команды могут быть считаны и выполнены одним или более процессорами для обеспечения возможности выполнения операций, описанных в данном документе. Команды могут предусмотрены в любом подходящем виде, например, среди прочего, в виде исходного кода, откомпилированного кода, интерпретируемого кода, исполнимого кода, статического кода, динамического кода и тому подобного. Такой машиночитаемый носитель может включать любой материальный носитель, предназначенный для долговременного хранения информации в виде, читаемом одним или более компьютерами, например, среди прочего, постоянное запоминающее устройство (ПЗУ), оперативное запоминающее устройство (ОЗУ), память на магнитном диске, средства оптического хранения информации, флэш-память и т.д.

Вышеизложенное представляет собой упрощенное краткое изложение сущности раскрытия изобретения для обеспечения понимания некоторых аспектов раскрытия изобретения. Это краткое изложение сущности изобретения не является ни всесторонним, ни исчерпывающим обзором раскрытия изобретения и его различных аспектов, вариантов выполнения и/или конфигураций. Оно не предназначено ни для идентификации ключевых или критических элементов раскрытия изобретения, ни для определения границы объема

раскрытия изобретения, а для представления выбранных идей из раскрытия изобретения в упрощенном виде в качестве введения в более подробное описание, представленное ниже. Как будет понятно, возможны другие аспекты, варианты выполнения и/или конфигурации согласно раскрытию изобретения, в которых используются по отдельности или в комбинации один или более из признаков, приведенных выше или подробно описанных ниже. Кроме того, несмотря на то что раскрытие изобретения представлено на основе иллюстративных вариантов выполнения, следует понимать, что отдельные аспекты раскрытия изобретения могут быть заявлены отдельно.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Раскрытие изобретения без труда поддается пониманию посредством нижеприведенного подробного описания, представленного вместе с сопровождающими чертежами, на которых аналогичные ссылочные позиции обозначают аналогичные элементы. Элементы чертежей необязательно изображены в масштабе друг относительно друга. Идентичные ссылочные позиции были использованы там, где это возможно, для обозначения идентичных элементов, которые являются общими для фигур.

Фиг.1 представляет собой схематическое изображение одного варианта выполнения системы ребер радиатора в среде функционирования;

фиг.2А представляет собой изображение другого варианта выполнения системы ребер радиатора в среде функционирования;

фиг.2В представляет собой более подробное изображение варианта выполнения системы ребер радиатора по фиг.2А в среде функционирования;

фиг.3 представляет собой изображение одного варианта выполнения соединенных друг с другом углеродных волокон, образующих рисунок, полученный переплетением;

фиг.4А представляет собой изображение одного варианта выполнения системы ребер радиатора, в которой используется вариант выполнения соединенных друг с другом углеродных волокон, образующих рисунок, полученный переплетением, по фиг.3;

фиг.4В представляет собой изображение другого варианта выполнения системы ребер радиатора, в которой используется вариант выполнения соединенных друг с другом углеродных волокон, образующих рисунок, полученный переплетением, по фиг.3;

фиг.5А представляет собой изображение одного варианта выполнения соединенных друг с другом углеродных волокон, образующих рисунок чулочного переплетения из лицевых петель;

фиг.5В представляет собой другое изображение варианта выполнения соединенных друг с другом углеродных волокон, образующих рисунок чулочного переплетения из лицевых петель по фиг.5А;

фиг.6А представляет собой изображение одного варианта выполнения соединенных друг с другом углеродных волокон, образующих рисунок чулочного переплетения из изнаночных петель;

фиг.6В представляет собой другое изображение варианта выполнения соединенных друг с другом углеродных волокон, образующих рисунок чулочного переплетения из

изнаночных петель по фиг.6А;

фиг.7 представляет собой изображение одного варианта выполнения соединенных друг с другом углеродных волокон, образующих переплетающийся рисунок типа платочной вязки;

фиг.8 представляет собой изображение одного варианта выполнения соединенных друг с другом углеродных волокон, образующих рисунок ластичного переплетения типа;

фиг.9 представляет собой изображение одного варианта выполнения соединенных друг с другом углеродных волокон, образующих переплетающийся рисунок типа жемчужной вязки;

фиг.10А представляет собой изображение одного варианта выполнения системы ребер радиатора, в которой используется вариант выполнения соединенных друг с другом углеродных волокон, образующих рисунок чулочного переплетения из лицевых петель по фиг.5В;

фиг.10В представляет собой изображение другого варианта выполнения системы ребер радиатора, в которой используется вариант выполнения соединенных друг с другом углеродных волокон, образующих рисунок чулочного переплетения из лицевых петель по фиг.5В;

фиг.11 представляет собой схему последовательности операций способа сборки системы ребер радиатора;

фиг.12 представляет собой изображение еще одного варианта выполнения системы ребер радиатора в среде функционирования; и

фиг.13 представляет собой изображение еще одного варианта выполнения системы ребер радиатора в среде функционирования.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ

Далее подробно рассмотрены типовые варианты выполнения. Нижеприведенные описания не предназначены для ограничения вариантов выполнения одним предпочтительным вариантом выполнения. Напротив, предусмотрено, что они охватывают альтернативные варианты, модификации и эквиваленты, которые могут быть предусмотрены в пределах сущности и объема описанных вариантов выполнения, при этом данные сущность и объем, определяются, например, приложенной формулой изобретения.

Раскрытые устройства, системы и способы применения будут описаны со ссылкой на фиг.1-13.

На фиг.1 один вариант выполнения системы 100 ребер радиатора показан в среде функционирования. Среда функционирования включает источник 10 тепловой энергии, при этом источник тепловой энергии содержит зону 11 выделения тепла. Источник 10 тепловой энергии может представлять собой любой источник из устройства или системы, который вырабатывает тепловую энергию, такой как двигательная или другая энергетическая установка. Зона 11 выделения энергии выделяет тепловую энергию и, как правило, представляет собой часть или участок источника 10 тепловой энергии.

Например, двигатель внутреннего сгорания служит в качестве источника 10 тепловой энергии, в котором выхлопные газы образуют зону 11 выделения тепла.

Система 100 ребер радиатора взаимодействует или имеет тепловую связь с источником 10 тепловой энергии для получения тепловой энергии из зоны 11 выделения тепла и для рассеяния данной тепловой энергии в виде излучения 112 тепловой энергии посредством ребер 110 радиатора. Другими словами, ребра 110 радиатора из системы 100 ребер радиатора получают тепловую энергию 12, передаваемую от зоны 11 выделения тепла, предусмотренной в источнике 10 тепловой энергии, и отводят или выделяют тепловую энергию посредством излучения 112 тепловой энергии.

Фиг.2А-В показывают другой вариант выполнения системы 100 ребер радиатора в среде функционирования. Показан источник 10 тепловой энергии вместе с передаваемой тепловой энергией 12. Передаваемая тепловая энергия 12 поступает в тепловую трубу 120. Тепловая труба 120, в свою очередь, излучает или выделяет тепло 122 (или в более общем случае выделяет тепловую энергию), поступающее(-ую) в ребро 110 радиатора. Несмотря на то, что тепло 122 показано на фиг.2А-В как тепло, распространяющееся только в плоскости, параллельной ребру 110 радиатора, тепло 122, как правило, выделяется во всех направлениях вокруг тепловой трубы 120. Например, если тепловая труба 120 имеет цилиндрическую форму, тепло 122 излучается вдоль всех радиальных линий, проходящих от осевой линии тепловой трубы 120, имеющей цилиндрическую форму. Ребро 110 радиатора получает тепло 122 от тепловой трубы 120 и рассеивает тепло, как показано в виде рассеянного тепла 112. Подобно выделению тепла 122 из тепловой трубы 120 рассеяние тепла 112, выделяемого или выходящего из ребра 110 радиатора, как правило, происходит в трехмерном пространстве. Другими словами, рассеяние тепла 112, излучаемого или выходящего или рассеиваемого посредством ребра 110 радиатора, происходит в продольном (x), поперечном (y) и/или вертикальном (z) направлениях.

Кроме цилиндрической конфигурации трубы возможны другие конфигурации тепловой трубы 120, как известно специалистам в данной области техники. Например, тепловая труба 120 может быть изогнутой, может содержать более одного внутреннего отверстия или более одной внутренней полости и/или содержать части, которые имеют изменяющиеся упругие свойства.

Возможны другие конфигурации, определяемые ориентацией ребра 110 радиатора и тепловой трубы 120 друг относительно друга, такие как конфигурации, в которых ребро 110 радиатора по меньшей мере частично окружает по меньшей мере часть тепловой трубы 120, и т.д.

Фиг.3-10 показывают различные варианты выполнения и элементы ребра 110 радиатора, такие как конфигурация из переплетенных углеродных волокон, которые образуют ребро 110 радиатора, и конфигурация ребра 110 радиатора относительно тепловой трубы 120. В частности, описаны различные варианты выполнения и конфигурации ребер 110 радиатора, образованных из переплетенных углеродных волокон, например, ребра 110 радиатора, образованные из переплетенных углеродных волокон,

образующих рисунок, полученный переплетением, и переплетенных углеродных волокон, образующих рисунок трикотажного переплетения.

Описание некоторых особенностей углеродного волокна, предназначенного для использования в применениях, связанных ребер радиаторов, представлено в работе Briana N. Tomboulin, *Lightweight, High-Temperature Radiator for In-Space Nuclear-Electric Power and Propulsion* (2014), предварительный вариант докторской диссертации, май 2014, далее упоминаемой как “Tomboulin” и включенной в данный документ путем ссылки полностью во всех отношениях. В работе Tomboulin утверждается, что жгуты утка требуются для удерживания жгутов основы в заданном положении и что число жгутов утка должно быть минимизировано, поскольку жгуты утка не способствуют отводу тепла от ребра радиатора. Напротив, в раскрытии изобретения описаны ребра радиатора с переплетенными углеродными волокнами, которые обеспечивают полное устранение жгутов утка, такие как предусмотренные в вариантах выполнения ребра 110 радиатора, образованного из переплетенных углеродных волокон, образующих рисунок, полученный переплетением, и вариантах выполнения ребра 110 радиатора, образованного из переплетенных углеродных волокон, образующих рисунок трикотажного переплетения. Другими словами, в некоторых вариантах выполнения одно или более ребер радиатора состоят из множества переплетенных углеродных волокон, при этом данное множество переплетенных углеродных волокон свободно от жгутов утка.

Описание типов рисунков переплетения, таких как используемые при вязании, можно обнаружить в любом из нескольких ссылочных материалов, известных специалистам в данной области техники. В работе Yordan Kyosev, *Advances in Braiding Technology: Specialized Techniques and Applications*, Vol. Number 177. Cambridge, Amsterdam: Woodhead Publishing, 2016, приведена дополнительная информация о рисунках трехмерного плетения, и эта работа включена в данный документ путем ссылки полностью во всех отношениях. Следует отметить, что несмотря на то, что конкретные примеры рисунков переплетения описаны в раскрытии изобретения, возможны другие типы рисунков переплетения, такие как любой переплетающийся рисунок, известный специалистам в данной области техники. Кроме того, несмотря на то что раскрыты конкретные ориентации определенных рисунков переплетения относительно тепловых труб, возможны другие ориентации в случае других рисунков переплетения, более конкретно, другие ориентации, при которых возможно максимальное число точек контакта между волокнами из определенного рисунка переплетения и тепловой трубой.

На фиг.3 показан один вариант выполнения соединенных друг с другом, углеродных волокон, образующих рисунок, полученный переплетением, для создания мата 320 из углеродных волокон. Мат 320 из углеродных волокон содержит множество углеродных волокон 322. Более конкретно, углеродные волокна 322 образуют мат 320 из углеродных волокон посредством перекрещивания n углеродных волокон 322 в направлении взад и вперед и размещении их одно над другом с упорядоченным рисунком, при этом n больше или равно трем. Следует отметить, что плетеные изделия могут иметь

столько волокон, сколькими может манипулировать ткач (или ткацкий станок), и, как правило, являются или двумерными (плоскими), или трехмерными (с круглым, квадратным или более сложным поперечным сечением). Рисунок по фиг.3, полученный переплетением, представляет собой рисунок, соответствующий типовому плоскому плетенному изделию. Возможны другие конфигурации, включая, например, рисунок, соответствующий трехмерному плетенному изделию, в котором отдельные пряжи/нити из углеродных волокон навиты вдоль радиальной или продольной оси напоподобие кос, заплетенных из волос человека. Размеры «косы» (например, длина, ширина, число прядей), толщина пряжи и плотность плетения могут варьироваться, как известно специалистам в данной области техники. Среди прочего, преимущества плетеного материала включают отсутствие каких-либо относительно крутых изгибов сплетенных волокон и возможность обеспечения множества точек контакта с источником тепла (как описано ниже).

Ориентация и конфигурация углеродных волокон относительно тепловой трубы влияет на эффективность ребра радиатора, которое образовано из мата из углеродных волокон. Как правило, увеличение числа точек контакта между углеродными волокнами и тепловой трубой обеспечивает повышение эффективности рассеяния тепла, что означает, что большее количество тепла будет выделено ребром радиатора.

Фиг.4А-В показывают два варианта выполнения системы ребер радиатора, обозначенной соответственно 400, 401, при этом каждая из систем содержит ребро радиатора, содержащее мат 420, 440 из углеродных волокон, по существу аналогичный мату 320 из углеродных волокон по фиг.3. В частности, каждый из матов 420 и 440 из углеродных волокон образован из множества соединенных друг с другом, углеродных волокон 422, образующих рисунок, полученный переплетением, для создания мата 420, 440 из углеродных волокон. Фиг.4А и 4В различаются по ориентации мата 420, 440 из углеродных волокон относительно тепловой трубы 120. В частности, фиг.4А и 4В различаются в том, что фиг.4А показывает по существу двумерный (плоский) мат 420 из углеродных волокон, ориентированный так, что направление общей длины углеродных волокон, то есть продольная ось, проходит перпендикулярно к тепловой трубе или от тепловой трубы. Напротив, фиг.4В показывает по существу двумерный (плоский) мат 440 из углеродных волокон, ориентированный так, что направление общей длины углеродных волокон, то есть продольная ось, проходит параллельно тепловой трубе или вместе с тепловой трубой. В каждом из мата 420 из углеродных волокон по фиг.4А и мата 440 из углеродных волокон по фиг.4В совокупность или множество углеродных волокон 422 сплетены друг с другом вдоль осевой длины углеродных волокон 422, образуя участок мата 420 из углеродных волокон, проходящий в направлении оси у на фиг.4А-В.

На фиг.4А мат 420 из углеродных волокон показан в состоянии тепловой связи с тепловой трубой 120, при этом тепловая труба 120 выделяет тепло 122 по направлению к мату 420 из углеродных волокон. Мат 420 из углеродных волокон образует систему 400 ребер радиатора. Отдельные углеродные волокна 422 мата 420 из углеродных волокон

ориентированы так, что они проходят или «продолжаются» по существу перпендикулярно к оси тепловой трубы 120, как показано посредством приведенного в качестве примера, углеродного волокна 424, показанного в виде пунктирной линии. Другими словами, рисунок, полученный переплетением и образованный отдельными углеродными волокнами 422, по существу «проходит» или продолжается от тепловой трубы 120. В системе координатных осей x-y на фиг.4А конец каждой пряди 422 из углеродных волокон, образующей плетеное изделие вместе с другими углеродными волокнами 422, проходит по существу в направлении y, и тепловая труба 120 ориентирована так, что направление ее осевой длины - это направление x. В данном случае ось y проходит вдоль направления продольной длины мата из углеродных волокон, и ось x проходит вдоль направления поперечной ширины мата из углеродных волокон. В такой конфигурации каждый конец углеродного волокна 422 образует тепловое соединение (или также физическое соединение) с тепловой трубой 120, так что тепло 122, выделяющееся из тепловой трубы 120, проходит или воспринимается вдоль направлений, показанных пунктирными стрелками. Следует отметить, что каждое отдельное углеродное волокно 420 образует только одну точку контакта с тепловой трубой 120, обеспечивающую тепловое соединение (например, следует отметить, что приведенное в качестве примера, углеродное волокно 424 образует одно непосредственное тепловое соединение с тепловой трубой 120). Напротив, в варианте выполнения по фиг.4В тепловая труба 120 ориентирована так, что она проходит параллельно (а не по существу перпендикулярно к) отдельным углеродным волокнам 422 мата 440 из углеродных волокон, так что каждое углеродное волокно образует множество непосредственных тепловых соединений с тепловой трубой 120.

Следует отметить, что каждое из отдельных углеродных волокон 422 мата 420 из углеродных волокон по фиг.4А показано в состоянии непосредственного теплового и физического контакта с тепловой трубой 120. Выражение «непосредственный/прямой физический контакт» означает физическое соединение между двумя элементами, например, два элемента непосредственно соприкасаются, так что поверхность каждого элемента касается другого элемента, или разделены только средством прикрепления, таким как адгезив или любое средство прикрепления, известное специалистам в данной области техники. Выражение «непосредственный/прямой тепловой контакт» или «непосредственная тепловая связь» означает, что тепловая энергия (например, тепло) является общей для двух элементов непосредственно между ними, при этом перенос тепловой энергии между двумя элементами происходит без промежуточных тепловых элементов, способствующих потоку тепловой энергии или делающих полным поток тепловой энергии. Напротив, «непрямой тепловой контакт» или «непрямая тепловая связь» означает, что поток тепловой энергии становится общим для двух элементов посредством промежуточного теплового элемента.

При рассмотрении системы 401 ребер радиатора по фиг.4В следует отметить, что мат 440 из углеродных волокон показан в состоянии тепловой связи с тепловой трубой

120, при этом тепловая труба 120 выделяет тепло 122 по направлению к мату 440 из углеродных волокон. Мат 440 из углеродных волокон образует систему 401 ребер радиатора. Отдельные углеродные волокна 422 мата 440 из углеродных волокон ориентированы так, что они проходят по существу параллельно оси тепловой трубы 120. Другими словами, рисунок, полученный переплетением и образованный отдельными углеродными волокнами 422, по существу проходит вдоль тепловой трубы 120 или продолжается вместе с тепловой трубой 120. В системе координатных осей x-y на фиг.4В конец каждой пряжи 422 из углеродных волокон, образующей плетеное изделие вместе с другими углеродными волокнами 422, проходит по существу в направлении y, и тепловая труба 120 ориентирована так, что направление ее осевой длины проходит в том же направлении y. В данном случае ось y проходит вдоль направления продольной длины мата из углеродных волокон, и ось x проходит вдоль направления поперечной ширины мата из углеродных волокон. В такой конфигурации каждое углеродное волокно 422 образует непосредственное тепловое соединение (или также физическое соединение) с тепловой трубой 120 несколько раз, так что тепло 122, выделяющееся из тепловой трубы 120, проходит или воспринимается вдоль направлений, показанных пунктирными стрелками. В частности, следует отметить, что каждое отдельное углеродное волокно 422 образует более одной точки контакта, обеспечивающей (то есть образует несколько точек контакта, обеспечивающих) непосредственное тепловое соединение с тепловой трубой 120. Для большей ясности углеродное волокно 423 как пример отдельного углеродного волокна 422 показано пунктирной линией для иллюстрации множества (в данном случае двух) точек теплового (и физического) контакта углеродного волокна 423 с тепловой трубой 120. Напротив, в варианте выполнения по фиг.4А тепловая труба 120 ориентирована так, что она проходит по существу перпендикулярно к (а не по существу параллельно) отдельным углеродным волокнам 422 мата 420 из углеродных волокон.

Увеличение числа точек теплового контакта между отдельным углеродным волокном и тепловой трубой тесно связано с увеличением передачи тепловой энергии, следовательно, тесно связано с повышением эффективности излучения тепла радиатором ребер, образованными из мата из углеродных волокон, образованного отдельными углеродными волокнами. Следует отметить, что симметричный и имеющий квадратную форму мат из углеродных волокон (или мат 420 из углеродных волокон по фиг.4А, или мат 440 из углеродных волокон по фиг.4В) имел бы одинаковое число точек теплового (и физического) контакта с тепловой трубой 120 независимо от того, был бы он ориентирован так, чтобы углеродные волокна проходили по существу перпендикулярно (фиг.4А) к оси тепловой трубы 120, или ориентирован так, чтобы углеродные волокна проходили по существу параллельно (фиг.4В) оси тепловой трубы 120. Однако мат из углеродных волокон, который не является симметричным или же имеет больше точек контакта отдельных волокон вдоль первой стороны, чем вдоль другой, второй стороны (например, больше точек контакта вдоль более длинной стороны, чем вдоль более короткой стороны), будет иметь больше точек теплового (и физического) контакта вдоль

первой стороны; по существу для увеличения передачи тепловой энергии (и, следовательно, эффективности функционирования и экономической эффективности образованного ребра радиатора) первая сторона, имеющая большее число точек контакта углеродного волокна, должна быть ориентирована вдоль тепловой трубы или параллельно тепловой трубе для повышения относительной эффективности теплопередачи.

Другими словами, следует отметить, что разница в числе точек теплового контакта между отдельными углеродными волокнами и тепловой трубой увеличивается при увеличении относительной длины тепловой трубы. Другими словами, в то время как мат из волокон, в котором направление плетения проходит в продольном направлении от тепловой трубы, может представлять собой конфигурацию, потенциально подходящую для относительно коротких тепловых труб (как показано на фиг.4А), при увеличении длины тепловой трубы большая термическая эффективность и результативность обеспечиваются при прикреплении мата из волокон так, чтобы направление его продольной длины было параллельно тепловой трубе, для обеспечения множества точек контакта каждой пряди из волокон для теплопередачи (как показано на фиг.4В).

Фиг.5-9 показывают альтернативные варианты выполнения множества соединенных друг с другом, углеродных волокон, образующих мат из углеродных волокон. В каждом варианте выполнения мат из углеродных волокон может быть использован для формирования ребра радиатора, которое, в свою очередь, может быть присоединено к тепловой трубе для образования системы ребер радиатора, выполненными из углеродных волокон.

Как правило, трикотажный материал относится к одной нити из волокна, преобразованной в последовательность рядов и столбиков петель, соединенных друг с другом, посредством чего образуется полотно, которое может быть растянуто в любом направлении независимо от способности составляющего волокна к растягиванию. Любой материал, который может быть намотан вокруг него самого без разрушения или разрыва, может быть подвергнут вязанию. Двумя наиболее распространенными петлями являются лицевая и изнаночная. Лицевая петля имеет вид, подобный задней стороне изнаночной петли, и наоборот. Эти две петли повторяются в заданной комбинации для формирования рисунка. Также имеются другие петли, но они служат главным образом для образования отверстий или изменения формы полотна и не будут рассмотрены в данном документе.

Как показано на фиг.5А-В, совокупность или множество углеродных волокон соединены друг с другом с образованием рисунка только из лицевых петель, также известного как рисунок чулочного переплетения, образованный из лицевых петель, для формирования мата 520 из углеродных волокон. На фиг.5А рисунок чулочного переплетения из лицевых петель, который образует мат 520 из углеродных волокон, состоит из совокупности или множества углеродных волокон 522. Фиг.5В показывает другое, дополняющее изображение рисунка чулочного переплетения из лицевых петель, который образует мат 520 из углеродных волокон, но при этом подробно показаны сцепляющиеся ряды верхних лицевых петель 523 и нижних лицевых петель 524.

Как показано на фиг.6А-В, совокупность или множество углеродных волокон соединены друг с другом с образованием рисунка только из изнаночных петель, также известного как рисунок чулочного переплетения, образованный из изнаночных петель, для формирования мата 620 из углеродных волокон. На фиг.6А рисунок чулочного переплетения из изнаночных петель, который образует мат 620 из углеродных волокон, состоит из совокупности или множества углеродных волокон 622. Фиг.6В показывает другое, дополняющее изображение рисунка чулочного переплетения из изнаночных петель, который образует мат 620 из углеродных волокон, но при этом подробно показаны сцепляющиеся ряды верхних изнаночных петель 623 и нижних изнаночных петель 624. Следует отметить, что рисунок чулочного переплетения из изнаночных петель (по фиг.6В) идентичен задней стороне рисунка чулочного переплетения из лицевых петель (по фиг.5В).

Эффективность отвода тепла углеродным волокном может быть повышена посредством создания мата из углеродных волокон, имеющего неровную или по существу неплоскую поверхность. Другими словами, ребро радиатора, состоящее из мата из углеродных волокон, имеющего текстурированную, неровную или по существу неплоскую поверхность, будет более эффективным при излучении или рассеянии тепла. Термин «неровная» или «текстурированная» применительно к мату из углеродных волокон означает поверхность, при которой толщина мата изменяется на величину, превышающую удвоенную толщину заданного углеродного волокна. Например, рисунок, соответствующий трехмерному плетенному изделию, в котором отдельные пряжи/нити из углеродных волокон навиты вдоль радиальной или продольной оси наподобие кос, заплетенных из волос человека, обеспечивает образование неровного или текстурированного мата из углеродных волокон. Термин «плоская» применительно к мату из углеродных волокон означает поверхность, при которой толщина мата изменяется на величину, не превышающую удвоенную толщину заданного углеродного волокна.

Как показано на фиг.7, совокупность или множество углеродных волокон соединены друг с другом с образованием рисунка, который обеспечивает изменение текстуры поверхности (то есть создание неровной поверхности или поверхности, которая не является по существу плоской). Например, лицевые и изнаночные петли могут быть скомбинированы для изменения текстуры поверхности. При размещении петель рядом друг с другом более плоская лицевая петля обеспечивает оттягивание вниз изнаночной петли, что приводит к утолщению полотна, получающегося в результате, и созданию рисунков, распознаваемых визуальным и тактильным образом. Наиболее распространенным примером данной конфигурации является платочная вязка, при которой ряды лицевых петель чередуются с рядами изнаночных петель, как показано на фиг.7. В частности, фиг.7 показывает множество соединенных друг с другом, углеродных волокон, образующих рисунок, соответствующий платочной вязке, состоящий из рисунка чулочного переплетения из изнаночных петель, который образует часть, соответствующую мату 620 из углеродных волокон (см. фиг.6В), и рисунка чулочного переплетения из лицевых

петель, который образует мат 520 из углеродных волокон (см. фиг.5B). Следует отметить, что «платочная вязка» обычно предусматривает образование рядов петель, которые чередуются, в то время как «чулочная вязка» обычно предусматривает образование одинаковых рядов петель.

Как показано на фиг.8, совокупность или множество углеродных волокон соединены друг с другом с образованием другого рисунка, который обеспечивает изменение текстуры поверхности. Чередование лицевых и изнаночных петель в одном и том же ряду, но при сохранении одного и того же рисунка в каждом ряду, обеспечивает образование ластичного переплетения, в котором столбики из лицевых петель поднимаются над столбиками из изнаночных петель, которые вместе оттянуты вниз. Рубчики могут иметь любую произвольную ширину. В частности, фиг.8 показывает множество соединенных друг с другом, углеродных волокон, образующих рисунок ластичного переплетения, при этом рисунок образован из двух лицевых петель (двух матов 520 из углеродных волокон), двух изнаночных петель (двух матов 620 из углеродных волокон), двух лицевых петель. Текстура из двух рубчиков с пространством между ними ясно видна на фиг.8.

Как показано на фиг.9, совокупность или множество углеродных волокон соединены друг с другом с образованием еще одного рисунка, который обеспечивает изменение текстуры поверхности. Один способ обеспечения в максимальной степени неровной текстуры трикотажного полотна без увеличения толщины состоит в использовании жемчужной вязки. В данном рисунке лицевые и изнаночные петли чередуются черед каждую петлю (или две) и каждый ряд (или два) с шашечным рисунком (следует отметить, что можно «идти» с бóльшим шагом, чем этот, но при чередовании более одной или двух петель рисунок становится рисунком переплетения «рогожка» и не является столь же неровным при меньших размерах). В частности, фиг.9 показывает соединенные друг с другом, углеродные волокна 922, образующие переплетающийся рисунок, соответствующий жемчужной вязке, для создания мата 920 из углеродных волокон. Текстура при рисунке переплетения, соответствующем жемчужной вязке, образуется путем чередования лицевых и изнаночных петель как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях.

Фиг.10А-В и 11 описывают детали и особенности формирования системы ребер радиатора, содержащей мат из углеродных волокон, образованный из соединенных друг с другом, углеродных волокон, и тепловую трубу. Относительная ориентация углеродных волокон, которые образуют мат из углеродных волокон, относительно тепловой трубы и, в частности, относительная ориентация углеродных волокон относительно доминирующего направления теплового потока, проходящего от тепловой трубы, влияет на эффективность рассеяния тепла системой ребер радиатора. Как правило, как рассмотрено выше в отношении фиг.4А-В, увеличение числа точек контакта между углеродными волокнами и тепловой трубой приводит к повышению эффективности рассеяния тепла, что означает, что большее количество тепла будет выделено системой ребер радиатора.

Фиг.10А-В показывают два варианта выполнения системы ребер радиатора, каждый из которых содержит ребро радиатора, содержащее мат 520 из углеродных волокон по фиг.5В. В частности, мат 520 из углеродных волокон образован из множества соединенных друг с другом и сцепленных рядов лицевых петель 523, 524, 525, 526, 527, которые создают рисунок чулочного переплетения из лицевых петель.

Фиг.10А и фиг.10В различаются по ориентации углеродных волокон, которые образуют мат 520 из углеродных волокон, относительно тепловой трубы 120. Как рассмотрено выше, увеличение числа точек контакта между углеродными волокнами и тепловой трубой приводит к повышению эффективности рассеяния тепла, что означает, что большее количество тепла будет выделено системой ребер радиатора. С учетом характеристик рисунка переплетения мата 520 из углеродных волокон (рисунка чулочного переплетения из лицевых петель) более термически эффективно прикрепить мат 520 из углеродных волокон вдоль (поперечной) оси х мата 520 из углеродных волокон, как показано на фиг.10В, чем вдоль (продольной) оси у мата 520 из углеродных волокон, как показано на фиг.10А, как описано ниже. Более конкретно, конфигурация по фиг.10В обеспечивает наличие точек теплового контакта в нескольких местах с равными интервалами вдоль углеродного волокна, в то время как конфигурация по фиг.10А обеспечивает наличие точек контакта только в одной небольшой части углеродного волокна.

При рассмотрении фиг.10А следует отметить, что, поскольку теплопередача происходит главным образом вдоль длины каждого углеродного волокна, а не между соседними волокнами, конфигурация по фиг.10А является относительно неэффективной, поскольку полотно образовано из одной непрерывной нити. Кроме того, данная конфигурация создает возможность нарушения функционирования ребра радиатора, если одно из волокон будет разрезано, поскольку такое повреждение приведет к уменьшению зоны отвода тепла до зоны, которая имеется только до места разрыва. Кроме того, имеется только один участок волокна (углеродного волокна 523 по фиг.10А), на котором тепло 122 может быть передано от тепловой трубы 120, что может быть ограничивающим, поскольку как только данный участок достигнет такой же температуры, как температура наружной поверхности тепловой трубы 120, больше не будет отводиться никакое тепло 122.

В конфигурации по фиг.10А верхнее волокно 523 образует тепловой и физический контакт с тепловой трубой 120 в каждой из зон 1033 контакта верхнего волокна. В каждой из зон 1033 контакта верхнего волокна тепло 122, выходящее из тепловой трубы 120, воспринимается углеродным волокном 523. Тепло, воспринимаемое углеродным волокном 523, передается соседнему волокну 524, которое, в свою очередь, передает тепло 122 соседнему углеродному волокну 524 и т.д., как показано криволинейными стрелками 123, обозначающими тепловой поток.

Конфигурация по фиг.10А обеспечивает точки теплового контакта только для одного углеродного волокна - углеродного волокна 523. Мат 520 из углеродных волокон

ориентирован относительно тепловой трубы 120 так, что отдельные углеродные волокна мата 520 из углеродных волокон ориентированы таким образом, чтобы они проходили или «продолжались» по существу параллельно оси тепловой трубы 120. Другими словами, рисунок чулочного переплетения из лицевых петель, образованный отдельными углеродными волокнами, «проходит» по существу вместе с тепловой трубой 120. В системе координатных осей x - y по фиг.10А направление длины каждой нити из углеродного волокна по существу проходит или «продолжается» в направлении y , и тепловая труба 120 ориентирована так, что направление осевой длины проходит в (том же) направлении y . В данном случае ось y проходит вдоль направления поперечной ширины мата из углеродных волокон, и ось x проходит вдоль направления продольной длины мата из углеродных волокон. В такой конфигурации только углеродное волокно 523 образует тепловые соединения 1033 с тепловой трубой 120. Напротив, в варианте выполнения по фиг.10В тепловая труба 120 ориентирована так, что она проходит или продолжается перпендикулярно к (а не по существу параллельно) отдельным углеродным волокнам мата 520 из углеродных волокон.

На фиг.10В показан мат 520 из углеродных волокон, имеющий тепловую связь с тепловой трубой 120, при этом тепловая труба 120 выделяет тепло 122 по направлению к мату 520 из углеродных волокон. Отдельные углеродные волокна 523, 524, 525, 526, 527 мата 520 из углеродных волокон ориентированы так, что они по существу проходят или продолжают перпендикулярно к оси тепловой трубы 120. Другими словами, рисунок, образованный отдельными углеродными волокнами, «проходит» по существу от тепловой трубы 120. В системе координатных осей x - y по фиг.10В направление длины каждой нити 523, 524, 525, 526, 527 из углеродного волокна по существу проходит в направлении y , и тепловая труба 120 ориентирована так, что ее осевая длина определяется в перпендикулярном направлении x . В данном случае ось y проходит вдоль направления поперечной ширины мата из углеродных волокон, и ось x проходит вдоль направления продольной длины мата из углеродных волокон. В такой конфигурации каждое углеродное волокно образует тепловое соединение (или также физическое соединение) с тепловой трубой 120. В частности, углеродное волокно 523 образует тепловой контакт 1033 с тепловой трубой 120, углеродное волокно 524 образует тепловой контакт 1034 с тепловой трубой 120, углеродное волокно 525 образует тепловой контакт 1035 с тепловой трубой 120, углеродное волокно 526 образует тепловой контакт 1036 с тепловой трубой 120, и углеродное волокно 527 образует тепловой контакт 1037 с тепловой трубой 120.

Следует отметить, что в конфигурации по фиг.10В в случае разрезания одного углеродного волокна будет «потерян» только данный ряд, при этом остальные ряды останутся неповрежденными, что приводит к относительно более устойчивой конструкции по сравнению с конфигурацией по фиг.10А.

При сравнении конфигураций по фиг.1А и 10В следует отметить, что конфигурация по фиг.10В обеспечивает точки теплового контакта для нескольких углеродных волокон, в то время как конфигурация по фиг.10А обеспечивает точки

теплового контакта только для одного углеродного волокна. Таким образом, конфигурация по фиг.10В будет более термически эффективной и экономически эффективной в качестве компонента системы ребер радиатора, поскольку увеличение числа точек теплового контакта между отдельными углеродными волокнами и тепловой трубой тесно связано с увеличением передачи тепловой энергии, следовательно, тесно связано с повышением эффективности излучения тепла радиатором ребер, образованными из мата из углеродных волокон, образованного отдельными углеродными волокнами.

Фиг.11 представляет способ 1100 сборки системы ребер радиатора. В способе 1100 используются элементы, конфигурации и варианты выполнения, представленные выше на фиг.1-10. Будут упоминаться ссылочные позиции элементов, представленные на фиг.1-10.

Способ 1100 начинается на этапе 1104 и заканчивается на этапе 1128. Любые из этапов, функций и операций, рассмотренных в данном документе, могут выполняться непрерывно и автоматически. В некоторых вариантах выполнения один или более из этапов способа 1100 может включать компьютерное управление, использование процессоров вычислительных машин и/или предусматривать некоторый уровень автоматизации. Этапы условно следуют в соответствии с увеличивающимися порядковыми номерами, хотя в некоторых вариантах выполнения некоторые этапы могут быть исключены, некоторые этапы могут быть добавлены, и этапы могут следовать друг за другом в порядке, отличающемся от порядка увеличивающихся номеров.

После начала на этапе 1104 обеспечивают наличие тепловой трубы 120 на этапе 1108. Тепловая труба 120 имеет тепловую связь с источником 10 тепловой энергии. В одном варианте выполнения предусмотрено множество тепловых труб 120. В одном варианте выполнения тепловая труба представляет собой цилиндрическую трубу, в которой образована (-о) внутренняя полость или внутреннее отверстие. Возможны другие конфигурации тепловой трубы 120, известные специалистам в данной области техники. После этапа 1108 способ 1100 продолжается на этапе 1112.

На этапе 1112 обеспечивают наличие множества или совокупности углеродных волокон. В одном варианте выполнения углеродные волокна из множества углеродных волокон являются одинаковыми или идентичными. В некоторых вариантах выполнения углеродные волокна из множества углеродных волокон не являются одинаковыми и могут различаться по любой из ряда форм или характеристик, включая размер, эластичность, теплопроводность и тому подобное. В некоторых вариантах выполнения некоторые или все из углеродных волокон не являются углеродными волокнами, но вместо этого представляют собой любой материал, который может образовывать рисунки вышеописанных типов. После этапа 1112 способ 1100 продолжается на этапе 1116.

На этапе 1116 множество углеродных волокон соединяют друг с другом для формирования мата из углеродных волокон. Множество углеродных волокон соединяют друг с другом любым из вышеописанных способов, например, для образования рисунка, полученного плетением, рисунка чулочного переплетения из лицевых петель и т.д. Совокупность или множество углеродных волокон могут образовывать по существу

плоский мат из углеродных волокон или по существу текстурированный мат из углеродных волокон. После этапа 1116 способ 1100 продолжается на этапе 1120.

На этапе 1120 ребро 110 радиатора образуют из мата из углеродных волокон, полученного на этапе 1116. Ребро радиатора содержит мат из углеродных волокон, сформированный на этапе 1116, и может в некоторых вариантах выполнения содержать более одного мата из углеродных волокон (см., например, фиг.13). В некоторых вариантах выполнения ребро радиатора может содержать компоненты или элементы, дополнительные по отношению к одному или более матам из углеродных волокон (см., например фиг.12). После этапа 1120 способ 1100 продолжается на этапе 1124.

На этапе 1124 ребро радиатора прикрепляют к одной или более тепловым трубам. Ребро радиатора, содержащее один или более матов из углеродных волокон, может быть ориентировано любым из способов, описанных выше. В частности, данные один или более матов из углеродных волокон могут быть ориентированы с учетом направления длины углеродных волокон, которые образуют конкретный мат из углеродных волокон, и/или типа рисунка соединения друг с другом, образованного из совокупности или множества углеродных волокон, как описано, например, в связи с фиг.4А-В. Ребро радиатора может быть прикреплено к тепловой трубе любым способом, известным специалистам в данной области техники, включая электроннолучевую сварку, и в любой из ряда относительных ориентаций, включая, например, конфигурацию, в которой ребро радиатора окружает тепловую трубу. После этапа 1124 способ 1100 заканчивается на этапе 1128.

Следует отметить, что выбор между способами плетения и вязания для создания материала ребра радиатора из проводящего материала, такого как углеродное волокно, зависит от свойств самого волокна, а также от свойств полотна, получающегося в результате. Плетение требует очень незначительной гибкости со стороны нитей/прядей из волокон, в то время как вязание требует изгибания волокна в такой степени, которая достаточна для формирования сцепляющихся петель. Поскольку отвод тепла в расчете на единицу площади представляет собой величину, которая подлежит максимальному увеличению, тканое переплетение или вязаное переплетение должно быть плотным. Следовательно, волокно с большим радиусом изгиба может быть подвергнуто только плетению. Аналогичным образом волокно с малым радиусом изгиба может быть подвергнуто или плетению, или вязанию.

Кроме того, толщина ребра радиатора зависит от толщины нити из волокна, а также от способа преобразования прядей из волокон в полотно. Ребро с наименьшей возможной толщиной представляет собой плоское плетеное изделие, при этом максимальная высота/толщина представляет собой толщину двух нитей, перекрещивающихся друг с другом. Образование более толстых плетеных изделий возможно посредством использования сложных трехмерных рисунков переплетения. Рисунки, образуемые вязанием, можно получить с целым рядом толщин при сохранении простоты технологического процесса.

Кроме того, некоторые способы обработки (углеродных волокон) приводят к остаточным напряжениям в материале, получающемся в результате, которые возникают при его изготовлении. Если волокно скручивают в нить перед тканьем или вязанием, возникают остаточные напряжения, которые делают волокно легче поддающимся обработке. Для способов плетения нехарактерна тенденция приводить к значительным остаточным напряжениям, хотя в случае некоторых рисунков может иметь место естественная образующаяся извитость. Вероятность этого уменьшается в случае простых плоских плетеных изделий. Различные рисунки, полученные вязанием, имеют самые разные распределения остаточных напряжений. Наиболее распространенное распределение остаточных напряжений приводит к закручиванию внутрь на краях полотна, полученного чулочной вязкой. Полотно, полученное платочной вязкой, также имеет склонность закручиваться в угловых зонах, но не так сильно, как в случае чулочной вязки. В текстильной промышленности имеются способы уменьшения остаточных напряжений, которые могут применяться при работе с углеродными волокнами. В завершение, полотно, полученное жемчужной вязкой, имеет очень незначительные остаточные напряжения, и для него характерна тенденция лежать очень ровно. С другой стороны, полотно с ластичным переплетением имеет настолько большое остаточное напряжение, что оно вызывает стягивание полотна с образованием рисунка с различимыми рубчиками, что приводит к большому количеству материала на единицу площади.

Что касается деформируемости, то все тканые и трикотажные полотна могут деформироваться посредством приложения очень малого усилия в предпочтительных направлениях. Если составляющие волокна не являются растягивающимися, тканые полотна могут растягиваться только в двух направлениях: на половине расстояния между основными и уточными нитями. Напротив, трикотажные материалы могут легко растягиваться или деформироваться в любом направлении. Переплетающийся рисунок определяет только то, насколько сильно данный материал может растягиваться и какова вероятность его возврата к его исходной форме после снятия внешнего усилия.

Что касается распускания, то любое полотно при его повреждении может распускаться и может принимать любую из ряда форм. Например, край может истираться и может начать распускаться. Трикотажное полотно может подвергаться спуску петель, когда один столбик петель распускается, но это необязательно распространяется на соседние петли. Вероятность того, что это станет проблемой, сильно зависит от свойств используемого волокна. Ориентация ребра при его прикреплении к тепловой трубе повлияет на то, в какой степени будет утрачена способность к излучению тепла при разрыве нити/пряди. К мату из углеродных волокон могут быть добавлены элементы для ослабления или даже предотвращения распускания, такие как представленные ниже со ссылкой на фиг.12.

Фиг.12 представляет собой изображение еще одного варианта выполнения системы 1200 ребер радиатора и с тепловой трубой 120. Система 1200 ребер радиатора аналогична

системе по фиг.10В с добавлением нескольких элементов, которые обеспечивают конструкционную опору и/или улучшают передачу тепловой энергии.

Два концевых элемента 1201 жесткости присоединены к мату 520 из углеродных волокон с каждой стороны мата 520 из углеродных волокон. Концевые элементы 1201 жесткости обеспечивают дополнительную конструкционную опору для мата 520 из углеродных волокон и могут ослаблять или предотвращать деформацию мата из углеродных волокон. Кроме того, если концевые элементы 1201 жесткости изготовлены из проводящего материала (например, металла), концевой элемент 1201 жесткости может обеспечить повышение термической эффективности получающейся в результате системы ребер радиатора посредством обеспечения дополнительного пути передачи тепловой энергии и обеспечения дополнительных точек связи между множеством углеродных волокон, образующих мат из углеродных волокон.

Внутренний элемент 1202 жесткости и концевое ребро 1211 аналогичным образом обеспечивают дополнительную конструкционную опору и/или тепловую связь между матом 520 из углеродных волокон и тепловой трубой 120. Концевое ребро 1211 может также обеспечивать уменьшение или предотвращение распускания мата из углеродных волокон. Концевое ребро соединено с внутренним элементом 1202 жесткости и обоими концевыми элементами 1201 жесткости. Возможны другие комбинации или конфигурации внутренних элементов 1202 жесткости, концевых элементов 1201 жесткости и/или концевых ребер 1211, такие как конфигурации с расположенными диагонально, внутренними или концевыми элементами жесткости, образование шашечных рисунков для создания разделенных прямоугольных зон и т.д.

Фиг.13 представляет собой изображение еще одного варианта выполнения системы 1300 ребер радиатора, содержащей множество тепловых труб 120, расположенных в виде упорядоченной совокупности тепловых труб 120. Фиг.13 представляет собой вид с торца системы 1300 с расположенными друг на другом ребрами радиатора, содержащей три мата 520 из углеродных волокон, четыре тепловые трубы 120 и два концевых элемента 1201 жесткости. Верхний мат 520 из углеродных волокон соединяет две верхние тепловые трубы 120, и нижний мат 520 из углеродных волокон соединяет две нижние тепловые трубы 120. Третий мат 520 из углеродных волокон соединяет верхний мат 520 из углеродных волокон и нижний мат из углеродных волокон. Первый концевой элемент 1201 жесткости соединяет две первые тепловые трубы 120. Второй концевой элемент 1201 жесткости соединяет две вторые тепловые трубы 120. Возможны другие комбинации или конфигурации матов из углеродных волокон, тепловых труб и элементов жесткости или ребер.

Иллюстративные системы и способы по данному раскрытию изобретения были описаны в связи с системами и способами изготовления ребер радиатора, образованных из углеродных волокон, таких как ребра радиатора, образованные из углеродных волокон и предназначенные для применения в космосе. Однако для избежания ненужного затруднения понимания настоящего раскрытия изобретения в предшествующем описании

исключены ряд известных конструкций и устройств и другие применения и варианты выполнения. Это исключение не следует рассматривать как ограничение объема притязаний формулы изобретения. Конкретные детали приведены для обеспечения понимания настоящего раскрытия изобретения. Тем не менее следует понимать, что настоящее раскрытие изобретения может быть реализовано на практике самыми разными способами, выходящими за пределы конкретных деталей, приведенных в данном документе.

Кроме того, следует понимать, что различные линии связи, соединяющие элементы, могут представлять собой линии проводной или беспроводной связи, или любую комбинацию вышеуказанного, или любой (-ые) другой (-ие) известный (-е) или разработанный (-е) позднее элемент (-ы), который (-е) может (могут) предоставлять и/или передавать данные к соединенным элементам или от соединенных элементов. Эти линии проводной или беспроводной связи также могут представлять собой защищенные каналы связи и могут обеспечивать возможность передачи зашифрованной информации. Средства связи, используемые в качестве линий связи, могут представлять собой, например, любое подходящее средство передачи электрических сигналов, включая коаксиальные кабели, медный провод и волоконно-оптический кабель, и могут принимать форму акустических или световых волн, таких как волны, генерируемые во время передачи данных посредством радиосвязи и связи с помощью инфракрасного излучения.

Кроме того, несмотря на то что способы были рассмотрены и проиллюстрированы в связи с конкретной последовательностью событий, следует понимать, что изменения, добавления и исключения из этой последовательности могут иметь место без материального воздействия на функционирование раскрытых вариантов выполнения, конфигурацию и аспекты.

Может быть использован ряд изменений и модификаций раскрытия изобретения. Могут быть предусмотрены некоторые элементы/признаки согласно раскрытию изобретения без наличия других элементов/признаков.

Несмотря на то, что в настоящем раскрытии изобретения описаны компоненты и функции, реализованные в аспектах, вариантах выполнения и/или конфигурациях с учетом определенных стандартов и протоколов, аспекты, варианты выполнения и/или конфигурации не ограничены такими стандартами и протоколами. Другие аналогичные стандарты и протоколы, не упомянутые в данном документе, существуют и рассматриваются как включенные в настоящее раскрытие изобретения. Кроме того, стандарты и протоколы, упомянутые в данном документе, и другие аналогичные стандарты и протоколы, не упомянутые в данном документе, периодически заменяются более быстрыми или более эффективными эквивалентами, имеющими по существу те же функции. Такие заменяющие стандарты и протоколы, имеющие аналогичные функции, рассматриваются как эквиваленты, включенные в настоящее раскрытие изобретения.

Настоящее раскрытие изобретения в соответствии с различными аспектами, вариантами выполнения и/или конфигурациями включает компоненты, способы,

процессы, системы и/или устройства, по существу такие, как показанные и описанные в данном документе, включая различные аспекты, варианты выполнения, варианты выполнения конфигураций, субкомбинации и/или подмножества вышеуказанного. Специалистам в данной области техники будет понятно, как выполнить и использовать раскрытые аспекты, варианты выполнения и/или конфигурации, после понимания настоящего раскрытия изобретения. Настоящее раскрытие изобретения в соответствии с различными аспектами, вариантами выполнения и/или конфигурациями включает выполнение устройств и процессов при отсутствии элементов, не показанных и/или не описанных в данном документе или в различных аспектах, вариантах выполнения и/или конфигурациях вышеуказанного, включая выполнение при отсутствии таких элементов, которые могли использоваться в предшествующих устройствах или процессах, например, для улучшения эксплуатационных характеристик, обеспечения легкости реализации и/или уменьшения затрат на реализацию.

Вышеприведенное рассмотрение представлено для иллюстрации и описания. Вышеизложенное не предназначено для ограничения раскрытия изобретения вариантом или вариантами, раскрытыми в данном документе. Например, в вышеприведенном подробном описании различные признаки/элементы согласно раскрытию изобретения сгруппированы в месте в одном или более аспектах, вариантах выполнения и/или в одной или более конфигурациях для упрощения раскрытия изобретения. Элементы/признаки аспектов, вариантов выполнения и/или конфигураций согласно раскрытию изобретения могут быть скомбинированы в альтернативных аспектах, вариантах выполнения и/или конфигурациях, отличных от рассмотренных выше. Данный способ раскрытия изобретения не следует интерпретировать как отражающий намерение предусмотреть то, что формула изобретения требует больше признаков, чем явным образом приведенные в каждом пункте формулы изобретения. Наоборот, как отражено в нижеприведенной формуле изобретения, аспекты изобретения заключены в менее чем всех признаках одного вышеприведенного раскрытого аспекта, варианта выполнения и/или одной вышеприведенной раскрытой конфигурации. Таким образом, в данное подробное описание настоящим включена нижеприведенная формула изобретения, при этом каждый пункт формулы изобретения имеет самостоятельное значение в качестве отдельного предпочтительного варианта выполнения раскрытия изобретения.

Кроме того, несмотря на то, что в описание включено описание одного или более аспектов, вариантов выполнения и/или одной или более конфигураций и определенные варианты и модификации, другие варианты, комбинации и модификации находятся в пределах объема раскрытия изобретения, например, такие, которые могут находиться в пределах уровня квалификации и знаний специалистов в данной области техники после понимания настоящего раскрытия изобретения. Предполагается получение прав, которые охватывают в допустимой степени альтернативные аспекты, варианты выполнения и/или конфигурации, включая конструкции/структуры, функции, диапазоны и этапы, альтернативные, взаимозаменяемые и/или эквивалентные по отношению к заявленным,

независимо от того, раскрыты ли такие альтернативные, взаимозаменяемые и/или эквивалентные конструкции/структуры, функции, диапазоны и этапы в данном документе или нет, и без намерения сделать любой патентоспособный объект всеобщим достоянием.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система ребер радиатора, образованных из углеродных волокон, содержащая: множество углеродных волокон, выполненных с возможностью изгиба по меньшей мере вдоль продольной оси, причем каждое углеродное волокно выполнено с возможностью передачи тепловой энергии, когда оно имеет тепловую связь с тепловой трубой,

при этом:

множество углеродных волокон формируют переплетающийся рисунок и образуют ребро радиатора, причем ребро радиатора имеет тепловую связь с тепловой трубой, и по существу каждое углеродное волокно из множества углеродных волокон находится в непосредственном тепловом контакте с тепловой трубой;

переплетающийся рисунок представляет собой по меньшей мере один из рисунка, полученного плетением, и рисунка трикотажного переплетения; и

ребро радиатора отводит тепловую энергию от тепловой трубы.

2. Система ребер радиатора, образованных из углеродных волокон, по п.1, в которой переплетающийся рисунок представляет собой переплетающийся рисунок, полученный плетением.

3. Система ребер радиатора, образованных из углеродных волокон, по п.2, в которой переплетающийся рисунок, полученный переплетением, свободен от жгутов утка.

4. Система ребер радиатора, образованных из углеродных волокон, по п.1, в которой переплетающийся рисунок обеспечивает образование мата из углеродных волокон, имеющего продольную ось, проходящую в соответствии с осевой длиной множества углеродных волокон, при этом тепловая труба по существу параллельна продольной оси мата из углеродных волокон.

5. Система ребер радиатора, образованных из углеродных волокон, по п.4, в которой по существу каждое углеродное волокно мата из углеродных волокон соединено с тепловой трубой более чем в одном месте вдоль соответствующей продольной оси каждого углеродного волокна.

6. Система ребер радиатора, образованных из углеродных волокон, по п.1, в которой по меньшей мере часть ребра радиатора по меньшей мере частично окружает тепловую трубу.

7. Система ребер радиатора, образованных из углеродных волокон, по п.1, в которой ребро радиатора прикреплено к тепловой трубе посредством электроннолучевой сварки.

8. Система ребер радиатора, образованных из углеродных волокон, по п.1, в которой ребро радиатора содержит по существу прямолинейную кромку.

9. Система ребер радиатора, образованных из углеродных волокон, по п.1, в которой тепловая труба имеет тепловую связь с источником тепловой энергии.

10. Система ребер радиатора, образованных из углеродных волокон, по п.9, при этом источник тепловой энергии представляет собой ядерную электроракетную

двигательную установку.

11. Система ребер радиатора, образованных из углеродных волокон, по п.1, в которой поверхность ребра радиатора представляет собой неровную поверхность.

12. Система ребер радиатора, образованных из углеродных волокон, по п.1, в которой по существу каждое углеродное волокно из множества углеродных волокон соединено с тепловой трубой в более чем одном месте вдоль соответствующей продольной оси каждого углеродного волокна.

13. Способ изготовления системы ребер радиатора, образованных из углеродных волокон, при этом способ включает:

обеспечение наличия множества углеродных волокон, выполненных с возможностью изгиба в меньшей мере вдоль продольной оси;

переплетение множества углеродных волокон для образования ребра радиатора, при этом ребро радиатора образовано из множества углеродных волокон; и

прикрепление ребра радиатора к тепловой трубе, причем тепловая труба имеет тепловую связь с источником тепловой энергии, при этом:

по существу каждое углеродное волокно из множества углеродных волокон присоединяют к тепловой трубе; и

ребро радиатора отводит тепловую энергию от тепловой трубы.

14. Способ по п.13, в котором ребро радиатора свободно от жгутов утка в подмножестве углеродных волокон.

15. Способ по п.13, в котором поверхность ребра радиатора представляет собой текстурированную поверхность.

16. Способ по п.13, в котором переплетающийся рисунок представляет собой один из рисунка, полученного плетением, и рисунка трикотажного переплетения.

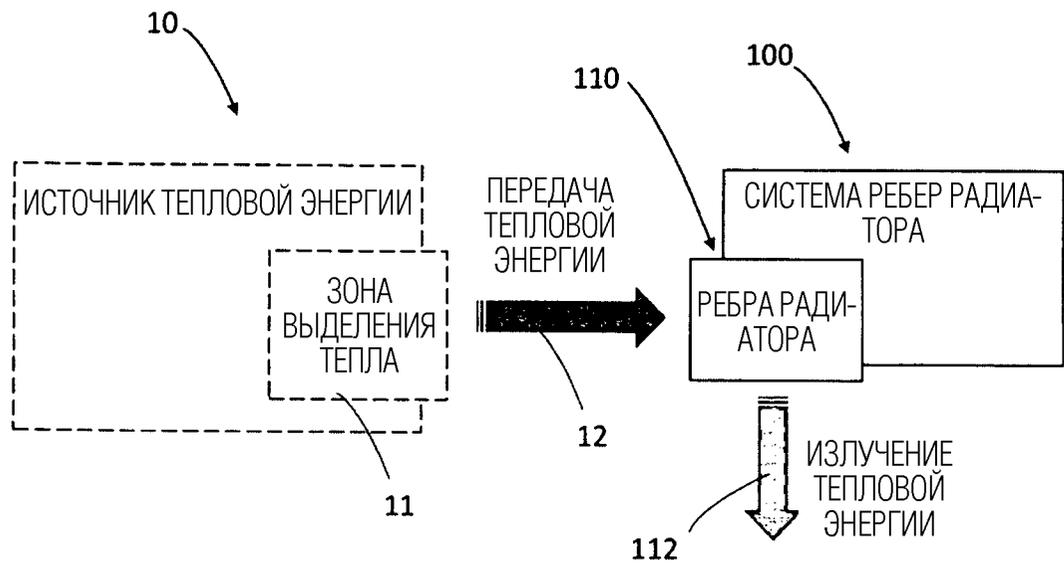
17. Способ по п.13, в котором этап прикрепления ребра радиатора к тепловой трубе выполняют посредством электроннолучевой сварки.

18. Способ по п.13, в котором переплетающийся рисунок представляет собой переплетающийся рисунок трикотажного переплетения, который обеспечивает образование мата из углеродных волокон, имеющего продольную ось, проходящую в соответствии с осевой длиной множества углеродных волокон, причем тепловая труба по существу параллельна продольной оси мата из углеродных волокон.

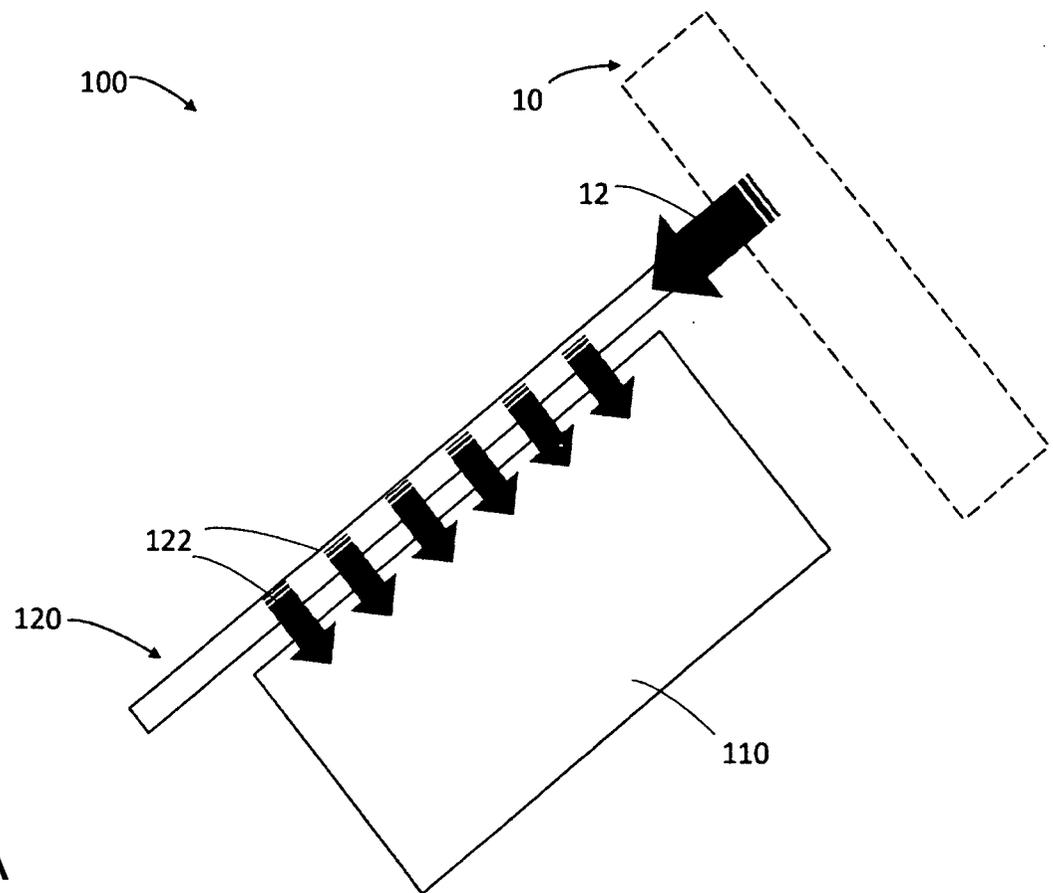
19. Способ по п.18, в котором тепловую трубу присоединяют к каждому углеродному волокну в множестве мест вдоль соответствующей продольной оси каждого углеродного волокна.

20. Способ по п.13, в котором поверхность ребра радиатора представляет собой текстурированную поверхность, и переплетающийся рисунок представляет собой переплетающийся рисунок трикотажного переплетения.

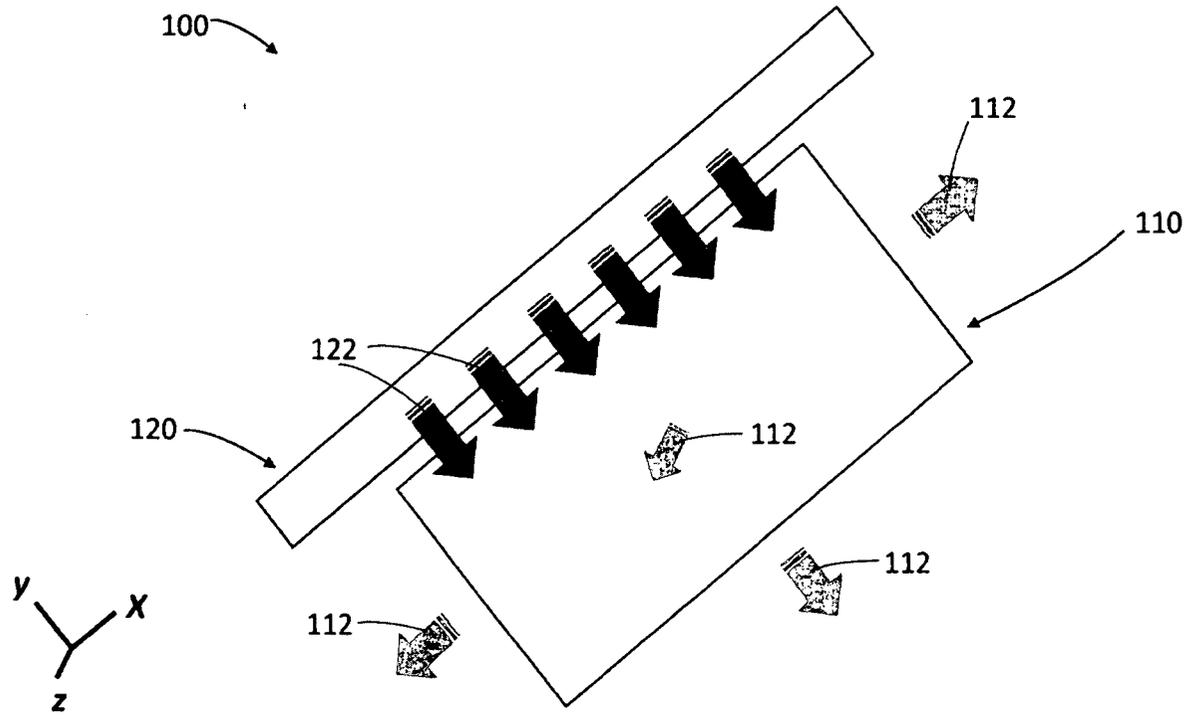
По доверенности



ФИГ. 1

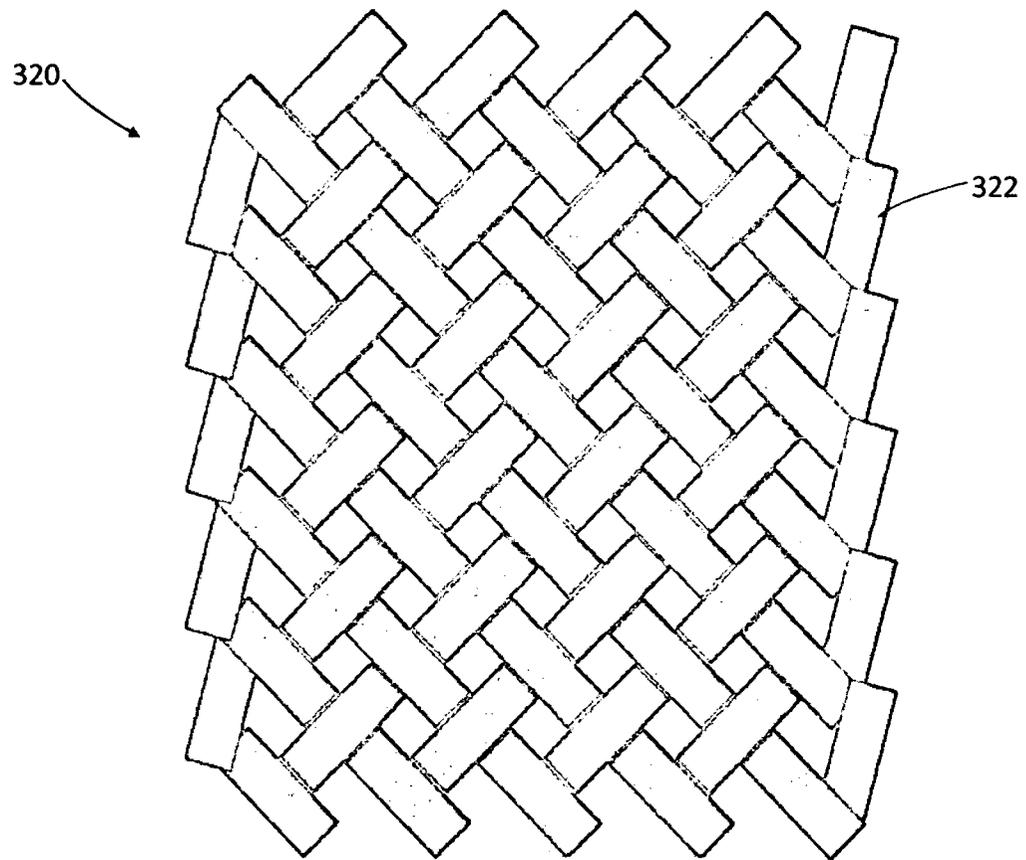


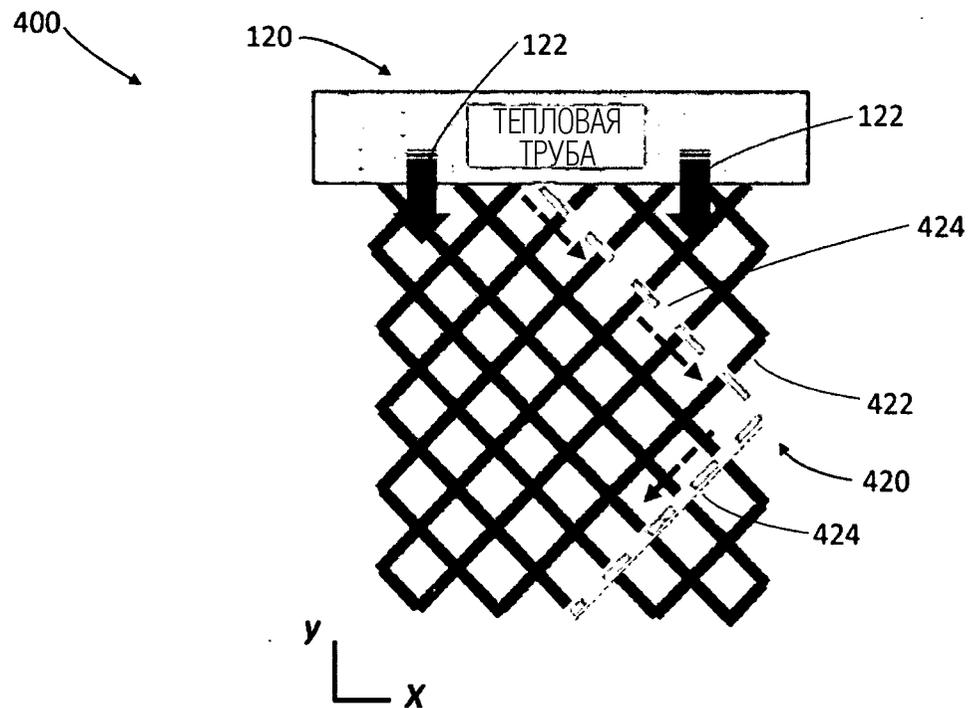
ФИГ. 2А



ФИГ. 2В

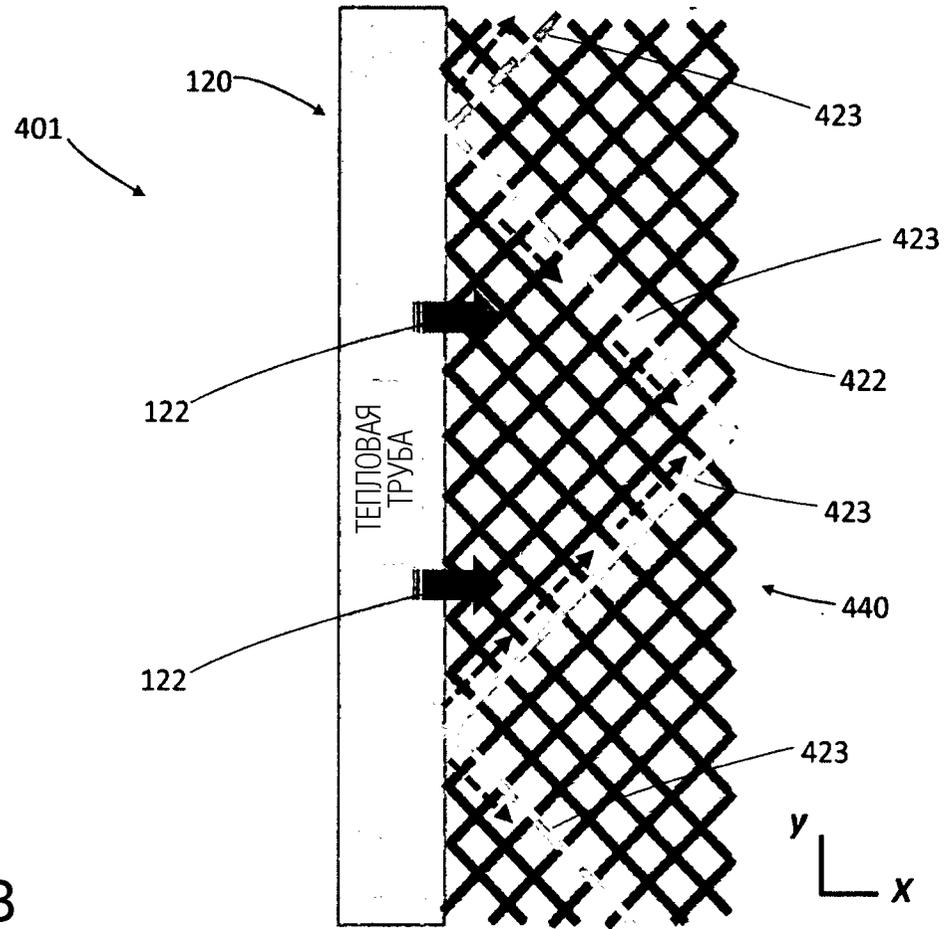
ФИГ. 3

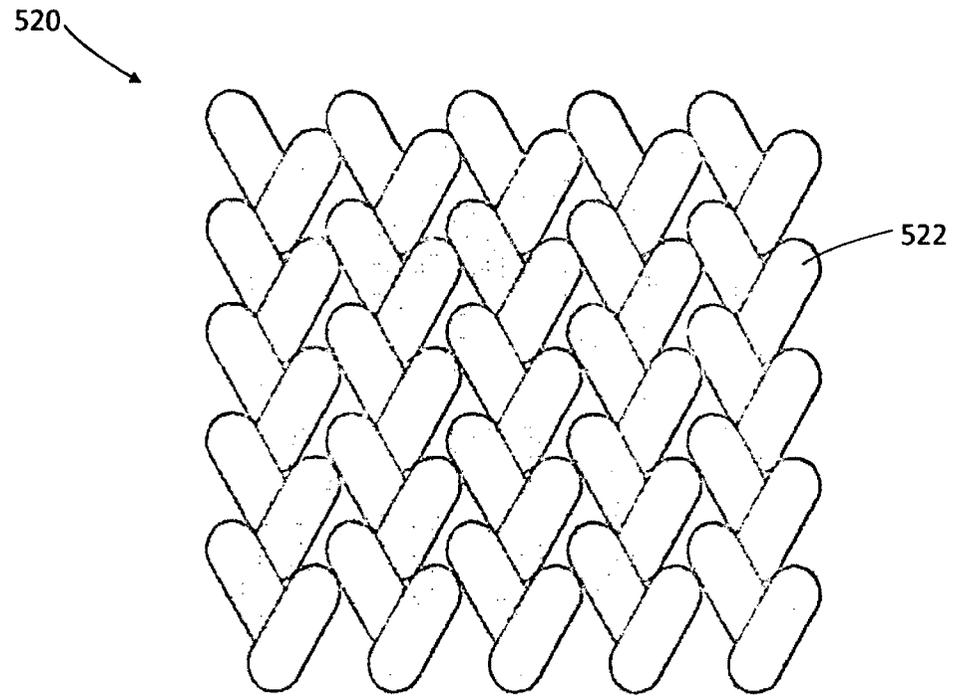




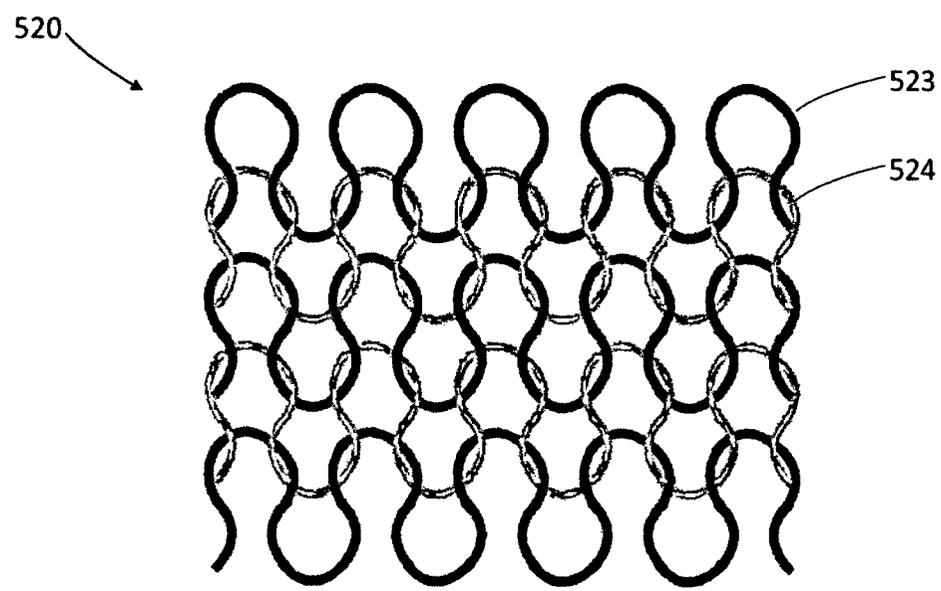
ФИГ. 4А

ФИГ. 4В

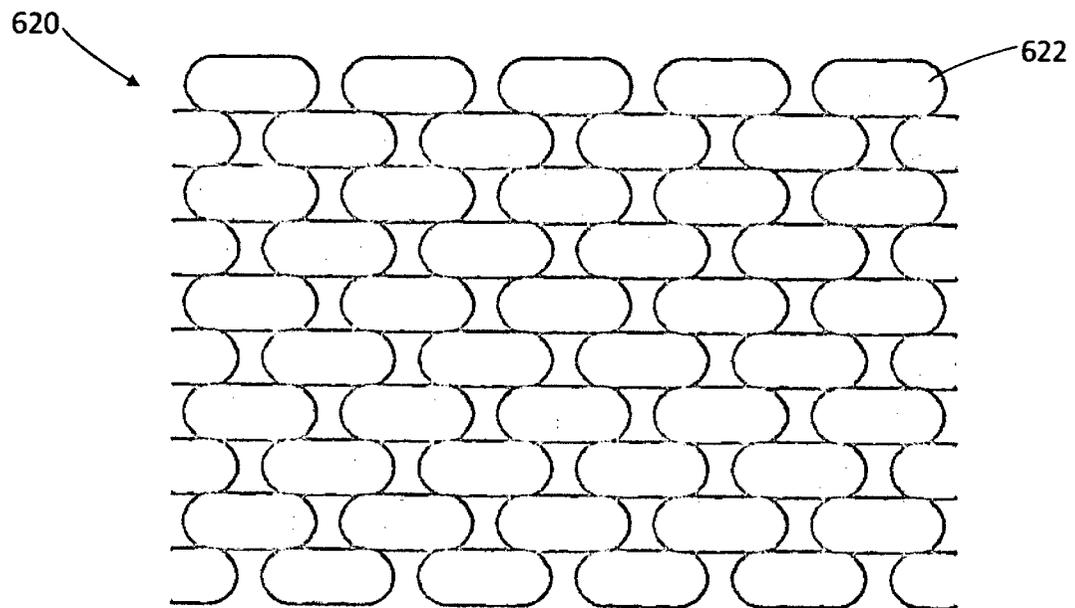




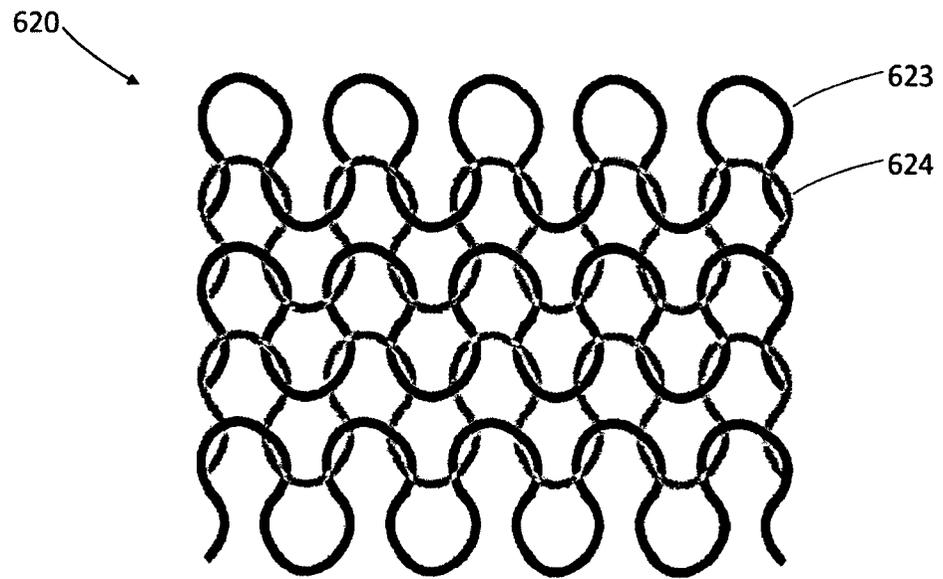
ФИГ. 5А



ФИГ. 5В

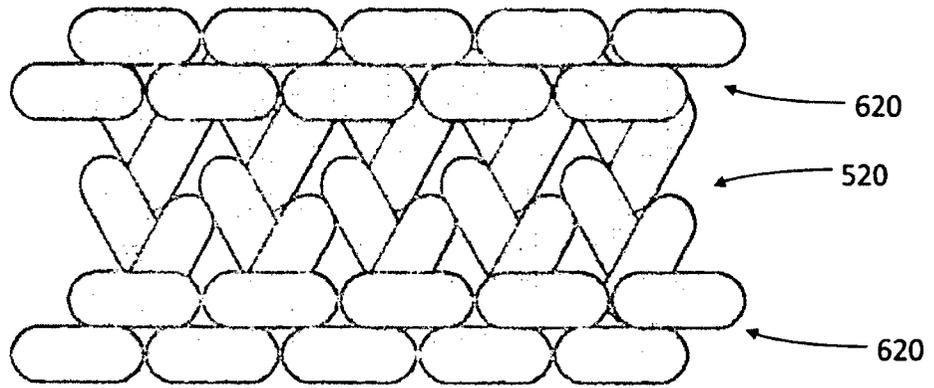


ФИГ. 6А

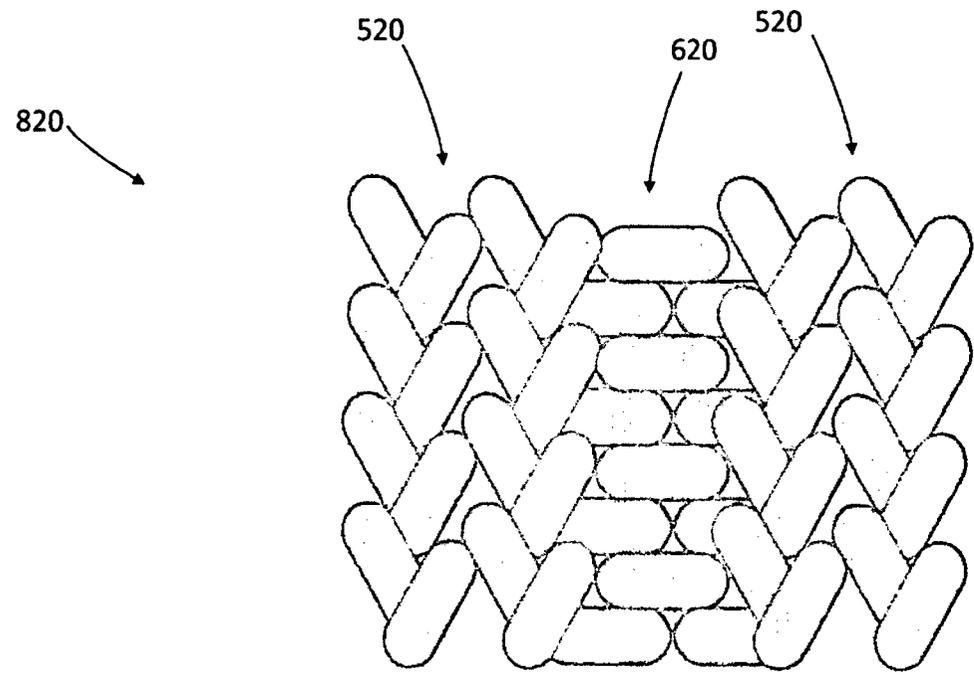


ФИГ. 6В

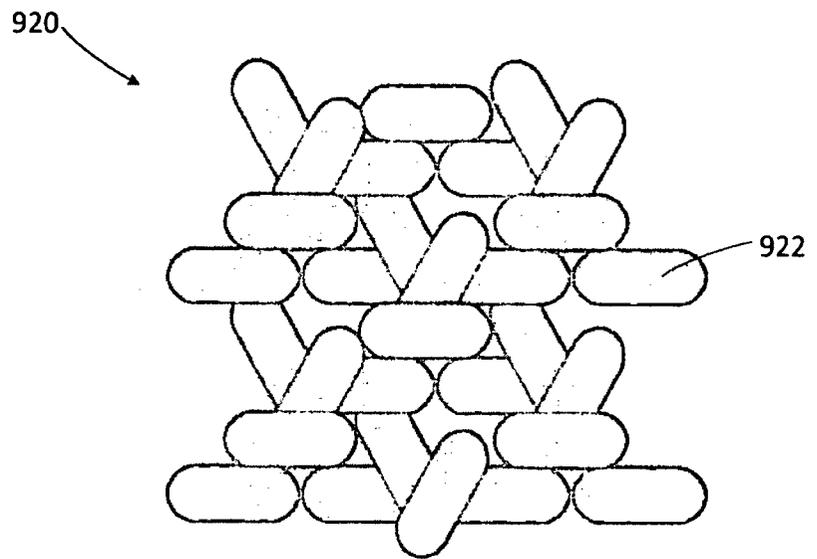
720



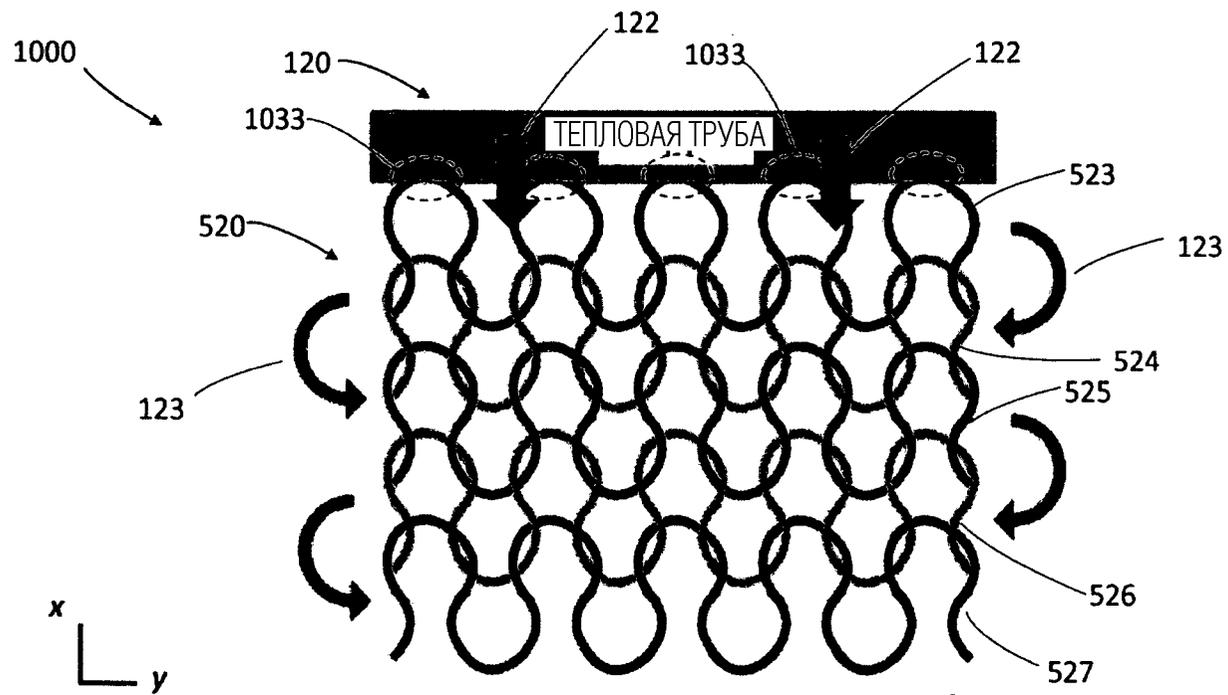
ФИГ. 7



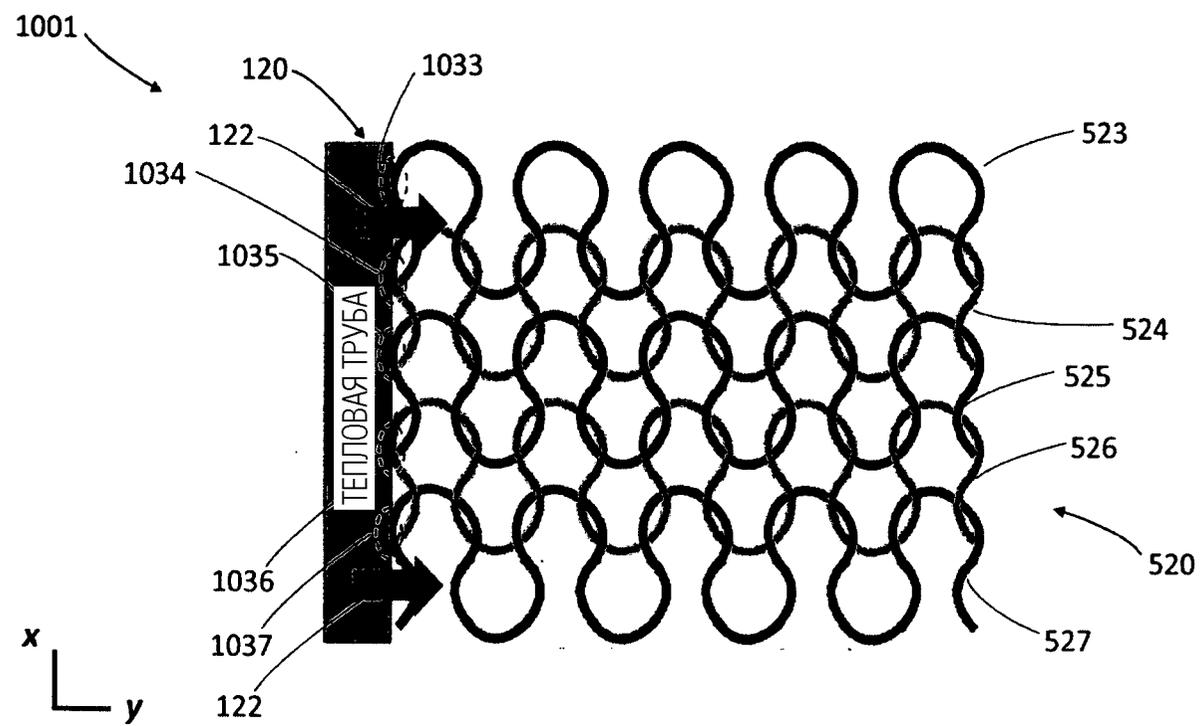
ФИГ. 8



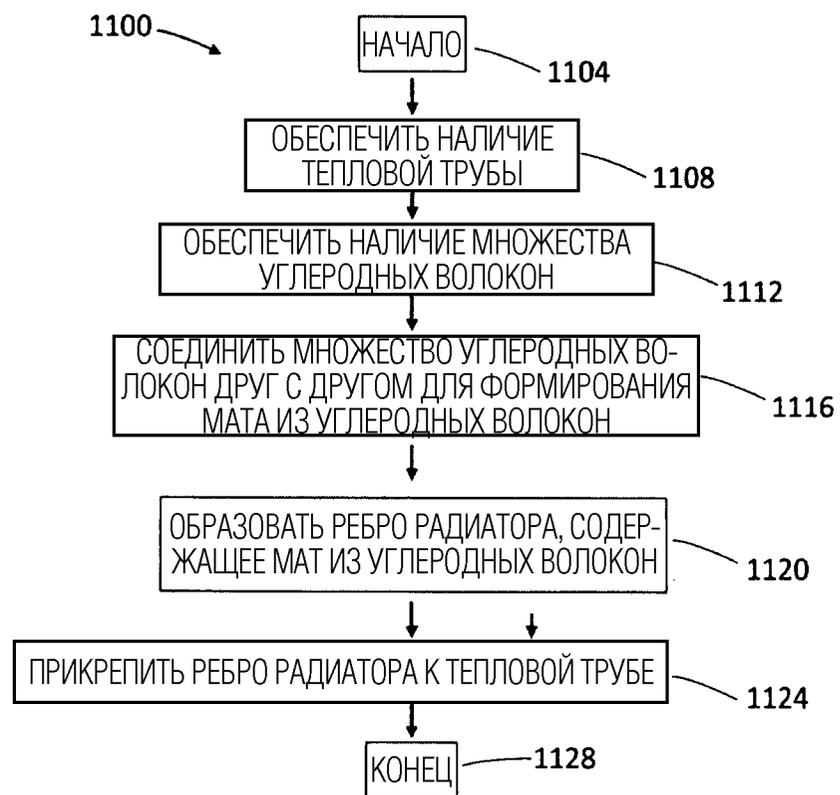
ФИГ. 9



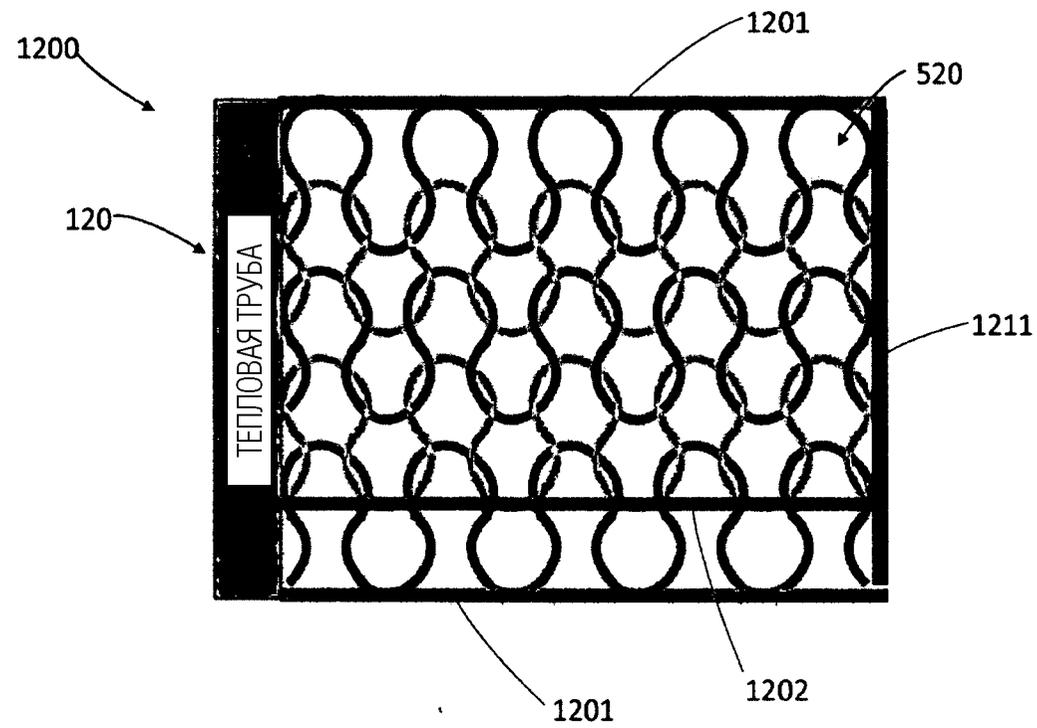
ФИГ. 10А



ФИГ. 10В

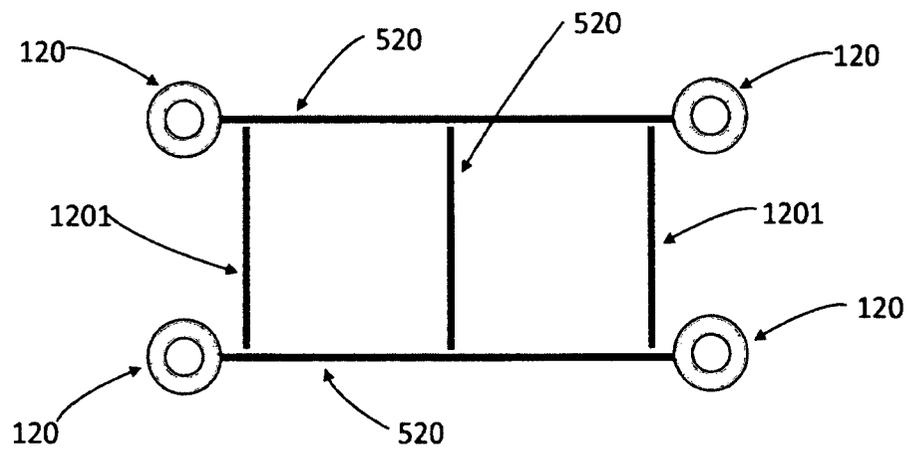


ФИГ. 11



ФИГ. 12

1300



ФИГ. 13