

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 769 355**

51 Int. Cl.:

F28F 7/02 (2006.01)

F28D 7/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.01.2017 PCT/IB2017/050445**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.08.2017 WO17130149**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.01.2017 E 17710049 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.11.2019 EP 3408601**

54 Título: **Intercambiador de calor**

30 Prioridad:

29.01.2016 IT UB20160089

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

25.06.2020

73 Titular/es:

ARCHIMEDE S.R.L. (100.0%)

Corso Umberto I 211

93100 Caltanissetta, IT

72 Inventor/es:

BRUCATO, ALBERTO;

CAPUTO, GIUSEPPE;

TUMMINELLI, GIANLUCA;

TUZZOLINO, GAETANO;

GATTUSO, CALOGERO y

RIZZO, ROBERTO

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 769 355 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Intercambiador de calor

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a intercambiadores de calor. En particular, la invención se ha desarrollado con referencia a intercambiadores de calor para fluidos de alta presión y alta temperatura que transportan especies químicas agresivas (por ej., especies tóxicas y/o corrosivas). Particularmente, la invención se refiere a intercambiadores de calor como se definen en el preámbulo de la reivindicación 1, y como se desvela en el documento US 3.999.602.

Técnica anterior y problema técnico general

10 Los fluidos de alta presión y alta temperatura, que posiblemente transportan especies químicas, requieren intercambiadores de calor de construcción marcadamente especializada, generalmente basados en la denominada tecnología de tubo doble.

15 La tecnología anterior contempla la producción de intercambiadores de calor con un par de elementos tubulares, uno dentro de otro, dentro de los cuales fluye un fluido caliente y un fluido frío. Sin embargo, esta tecnología probablemente requiera grandes recursos económicos para la producción y la instalación del intercambiador de calor y del mismo modo conlleva la adopción de soluciones tecnológicas muy complejas para compensar la expansión térmica diferente en una dirección axial del tubo interior y del tubo exterior de acuerdo con la que el fluido pasa a través de cada tubo.

20 Esto implica la necesidad de, en el caso de intercambiadores de calor tradicionales de doble tubo o intercambiadores de calor de tubo y revestimiento que operan en condiciones de alta temperatura de los fluidos, proporcionar juntas de expansión para la conexión de los tubos interiores y exteriores a las tuberías que transportan líquidos al intercambiador de calor, o de lo contrario proporcionar cabezales flotantes costosos y complejos.

Cabe observar que el intercambiador de calor debe estar fabricado con materiales que sean capaces de soportar tensiones estructurales extremadamente altas (tensiones térmicas y mecánicas) y al mismo tiempo tensiones de naturaleza química del mismo grado (corrosión y fragilización).

25 Por estos motivos, la producción de estos dispositivos en términos generales no es simple ni incluso económicamente ventajosa, en tanto que la garantía de resistencia estructural sola impone la necesidad de adoptar un espesor de pared muy grande, con la consecuente multiplicación del costo del material dado que deben usarse aceros de alta resistencia. El intercambiador de calor tiene en cualquier caso un costo intrínseco excepcionalmente alto a causa de la necesidad de adoptar aleaciones de alta resistencia, tal como acero Inconel 825 o AISI 316L para poder soportar la
30 exposición a las especies químicas agresivas que contiene la corriente de fluidos.

El gran espesor de la pared además impone la necesidad de obtener los tubos de los intercambiadores de calor por mecanizado con eliminación del material sobrante de lingotes monolíticos fundidos colados existentes, o bien por rectificado de elementos tubulares cilíndricos estirados.

35 En cualquier caso, los materiales usados y los espesores de pared involucrados probablemente afectan el costo de los procedimientos de mecanizado hasta tal punto que tienen un impacto significativo sobre la economía general de una planta, en la que se ha de usar el intercambiador de calor, además de todas las complicaciones de construcción mencionadas con anterioridad.

Objeto de la invención

El objeto de la presente invención es superar los problemas técnicos mencionados previamente.

40 En particular, el objeto de la invención es simplificar la producción de intercambiadores de calor para fluidos a altas presiones y temperaturas constituidos por especies químicas agresivas, reduciendo su costo de producción y evitando fallos causadas por la expansión térmica.

Sumario de la invención

45 El objeto de la presente invención se logra mediante un intercambiador de calor que tiene los atributos que forman el tópico de las reivindicaciones adjuntas, que constituyen una parte integral de las enseñanzas técnicas proporcionadas en la presente memoria con relación a la invención.

El objeto de la presente invención se logra mediante un intercambiador de calor que incluye:

50 - un haz de tubos, extendiéndose cada uno en una dirección de alargamiento respectiva y definiendo una trayectoria de flujo para un fluido de trabajo que se desarrolla en dicha dirección de alargamiento, en el que cada tubo del haz puede proporcionarse con un fluido de trabajo;

- una matriz fabricada con un material con conductividad térmica, que alberga los tubos de dicho haz y está configurada, en el uso, para promover un intercambio térmico entre los fluidos de trabajo que discurren a través de los tubos correspondientes y dicho haz; y

- un revestimiento fabricado con material de aislamiento térmico dispuesto alrededor de dicha matriz, en el que:

5 dicha matriz está fabricada con una pluralidad de secciones alternadas por interrupciones térmicas extendiéndose transversalmente en dicha dirección de alargamiento.

Breve descripción de los dibujos

La invención se describirá ahora con referencia a los dibujos adjuntos, que se proporcionan puramente a modo de ejemplo no limitativo y en los que:

10 - La Figura 1 es una vista en perspectiva de un intercambiador de calor de acuerdo con una realización de la invención;

- La Figura 2 es una vista frontal de acuerdo con la flecha II de la Figura 1;

- La Figura 2A ilustra posibles disposiciones de los tubos dentro del intercambiador de calor;

15 - La Figura 3 es una vista en perspectiva de acuerdo con la flecha III de la Figura 1 que ilustra el intercambiador seccionado a lo largo de un plano longitudinal;

- La Figura 4A y la Figura 4B ilustran un primer componente y un segundo componente usados en la matriz del intercambiador de calor de acuerdo con la presente invención;

- La Figura 4C es una vista en despiece de una porción de la matriz del intercambiador de calor de acuerdo con la invención, mientras que la Figura 4D es una vista de los componentes de la Figura 4C montados;

20 - Las Figuras 5, 6A y 6B ilustran componentes adicionales que conforman el intercambiador de calor de acuerdo con la invención;

- La Figura 7 ilustra gráficamente una ventaja técnica de la presente invención;

25 - La Figura 8 es una vista en perspectiva de una matriz de un intercambiador de calor de acuerdo con realizaciones adicionales de la invención, mientras que la Figura 8A es una vista frontal de acuerdo con la flecha VIII/A de la Figura 8;

- Las Figuras 9A y 9B son vistas en sección transversal, respectivamente, de una matriz de acuerdo con la Figura 8 y de una variante de la misma matriz, mientras que la Figura 9C es una vista en despiece de un armazón del intercambiador de calor; y

30 - Las Figuras 10 y 11 son vistas en perspectiva de un intercambiador de calor de acuerdo con la invención proporcionado como agregado de los intercambiadores de calor de acuerdo con las Figuras 9A o 9B.

Descripción detallada de realizaciones preferentes de la invención

El número de referencia 1 en la Figura 1 designa como un todo un intercambiador de calor de acuerdo con una realización preferente de la invención. El intercambiador de calor 1 incluye un núcleo de intercambio de calor 2 y un armazón 4 fabricado con material aislante colocado alrededor del núcleo de intercambio de calor 2.

35 El núcleo de intercambio de calor 2 a su vez incluye un armazón adicional 5 fabricado con material refractario y una matriz 6. La matriz incluye un haz de tubos que incluye una pluralidad de tubos 8, cada uno de los cuales se extiende en una dirección de alargamiento respectiva. En la realización preferente ilustrada en la presente memoria, la dirección de alargamiento coincide, para todos los tubos 8, con una dirección longitudinal del intercambiador de calor 1 identificada por el eje longitudinal X1 del mismo. Los tubos 8 son, de este modo, paralelos entre sí.

40 Los tubos 8 del haz proporcionan trayectorias de flujo para dos o más fluidos termovectores a diferentes temperaturas y en una relación de intercambio de calor entre sí. Estas trayectorias de flujo se desarrollan en las direcciones de alargamiento de los tubos 8 respectivos. En el caso de la realización preferente ilustrada en la presente memoria, la dirección de las trayectorias de flujo coincide con la dirección longitudinal X1 del intercambiador de calor.

45 Por ejemplo, en el caso de la operación con solo dos fluidos termovectores, una primera parte de los tubos 8 funciona como trayectoria de flujo para un primer fluido termovector, mientras que una segunda parte (la parte restante) de los tubos 8 funciona como trayectoria de flujo para un segundo fluido termovector. Por supuesto, de acuerdo con la dirección de cada trayectoria individual, es posible generar una operación a contracorriente (generalmente preferente) o en el sentido de la corriente.

En otras realizaciones, es posible contar con más de dos fluidos de trabajo y, por consiguiente, con más de dos

trayectorias de flujo: esto significa que una primera parte de los tubos 8 del haz proporciona una trayectoria de flujo para el primer fluido de trabajo, una segunda parte de los tubos 8 del haz proporciona una trayectoria de flujo para el segundo fluido de trabajo, una tercera parte de los tubos 8 del haz proporciona una trayectoria de flujo para el tercer fluido de trabajo, y así sucesivamente.

- 5 Con referencia a las Figuras 2 y 2A, los tubos 8 del haz de tubos preferentemente tienen una disposición quincuncial, que en la realización considerada en la presente memoria corresponde a una disposición en los vértices y en el centroide de un hexágono regular (o, de manera equivalente, de una geometría con una retícula equilátera-triangular). Cabe destacar que, cualquiera sea la disposición considerada, la distribución de los tubos 8 que transportan el primer fluido de trabajo (por ej., fluido caliente, tubos 8H) y de los tubos 8 que transportan el segundo fluido de trabajo (por
10 ej., fluido frío, tubos 8C) puede variar. Por ejemplo, con referencia a la Figura 2A-1, en el caso de una retícula equilátera pueden ocuparse dos vértices por tubos en los que fluya fluido caliente, mientras que el tercer vértice puede ocuparse por un tubo en el que fluya fluido frío.

- Otras disposiciones son posibles, por ejemplo, la de la Figura 2A-2 o de la Figura 2A-3 (idénticas a la de la Figura 2A-1 excepto por la disposición geométrica de los tubos 8H alrededor de los tubos 8C): no necesariamente existe una
15 disposición preferente a condición de que la conductividad térmica de la matriz 6 sea fundamental con respecto a la de las paredes de los tubos 8, de modo que las posibles diferencias de posición de los tubos sean compensadas por la conductividad térmica extremadamente alta (en términos relativos, suponiendo como término de comparación la de las paredes del tubo) de la matriz.

- La disposición quincuncial o la disposición con una retícula equilátera-triangular debe considerarse preferible desde
20 el punto de vista de construcción, pero desde un punto de vista funcional puede, por tanto, no ser importante por los mismos motivos mencionados con anterioridad: en virtud de la alta conductividad térmica de la matriz 6, vuelve las distancias individuales entre los varios tubos 8, aunque potencialmente diferentes, sustancialmente equivalentes desde un punto de vista de resistencia a la transferencia de calor.

- Con referencia a la Figura 3, en la realización representada en las figuras, la matriz 6 está fabricada con un material
25 con conductividad térmica, preferentemente cobre o aluminio, o diamante sintético, e incluye una pluralidad de secciones 10 dispuestas en secuencia en la dirección longitudinal X1 y está alternada por interrupciones térmicas 12 correspondientes, que se desarrollan en una dirección transversal a la dirección longitudinal X1.

- En general, las interrupciones térmicas que separan las secciones 10 se desarrollan en una dirección transversal a la
30 dirección de alargamiento de cada uno de los tubos 8: en el caso en cuestión (la realización preferente), esta es equivalente a una extensión transversal a la dirección X1, pero en el caso de las direcciones de alargamiento que no son paralelas entre sí (ya sea rectilíneas o curvilíneas), las interrupciones térmicas 12 se desarrollan en una dirección transversal a cada dirección de alargamiento. Esto puede conducir a realizaciones en las que las interrupciones térmicas se desarrollan en una forma puramente transversal (ortogonal) en solo una de las direcciones de
35 alargamiento, que también tienen un componente de desarrollo axial con respecto a las otras direcciones de alargamiento, pero uniforme en realizaciones en las que las interrupciones térmicas tienen caras poliédricas que son de tal modo que han de ser localmente ortogonales a cada dirección de alargamiento.

En la realización ilustrada, el intercambiador de calor 1 incluye una matriz 6 con diez secciones 10 y nueve interrupciones térmicas 12, en el que cada interrupción térmica 12 separa dos secciones contiguas 10.

- Por supuesto, el número de secciones 10 depende de la longitud axial del intercambiador de calor 1 ya que, como se
40 observará a continuación, es preferible que las secciones 10 tengan una longitud axial limitada de acuerdo con la finalidad para la cual se conciben.

- Por este motivo, en el caso de las realizaciones del intercambiador de calor 1 de longitud axial reducida, será posible
45 concebir en el límite dos secciones contiguas 10 separadas por una sola interrupción térmica 12, pero en general es probable que haya más de dos secciones térmicas 10 y más de una interrupción térmica 12. La elección del número de secciones 10 depende del compromiso seleccionado entre la eficacia del intercambiador de calor y la simplicidad de construcción. La eficacia del intercambiador de calor 1 es en general mayor cuanto mayor es el número de secciones 10, pero obviamente esto conduce a una mayor complejidad de implementación.

Por consiguiente, la matriz 6 tiene una estructura modular, en la que cada módulo corresponde a una sección 10, y a su vez cada sección 10 tiene una estructura modular.

- 50 De hecho, cada sección 10 se obtiene por medio de dos pares de elementos modulares, en particular un primer par de primeros elementos modulares 14 y un segundo par de segundos módulos estructurales 16.

- Con referencia a la Figura 2 y a las Figuras 4A y 4B, se presenta a continuación una descripción de los elementos
55 modulares 14 y 16. Cada sección de la matriz 6 se obtiene colocando uno sobre otro, en contacto directo, un elemento modular 14, dos elementos modulares 16, y un elemento modular adicional 14 de modo tal que los elementos modulares 14 estén dispuestos en los extremos de una pila correspondiente a la secuencia de elementos modulares 14-16-16-14, con los elementos 14 en una posición final y los elementos 16 en una posición intermedia.

Cada uno de los elementos 14, 16 están configurados sustancialmente como una placa fabricada con un material con conductividad térmica (cobre u otro material con alta conductividad térmica), tienen una huella única e idéntica, e incluyen una o más ranuras axiales 14A o bien 16A que tienen una sección transversal semicircular.

5 La forma semicircular en esta realización se requiere por el hecho de que los tubos 8 que constituyen el haz de tubos del intercambiador de calor 1 tienen una sección transversal circular, de modo tal que cuando se hacen coincidir las ranuras de un elemento 14 y de un elemento 16, las dos secciones semicirculares se proporcionan como un todo para constituir una cavidad axial con sección circular que coincide con la forma exterior del tubo 8, que se recibe allí.

10 Por supuesto, dependiendo de la sección de los tubos 8 que constituyen el haz de tubos, las ranuras 14A, 16A pueden tener cualquier forma, con la única limitación debido al hecho de que las dos ranuras se hacen coincidir para formar una sección que coincide con la forma exterior del tubo que constituye el haz de tubos de modo tal de asegurar el contacto entre la cavidad axial así definida y la pared del tubo.

En la realización considerada, los elementos 14 tienen un par de ranuras axiales 14A en solo uno de sus lados, mientras que los elementos 16 tienen un par de ranuras 16A en una cara (con la misma disposición y tamaño que los de las ranuras 14A, además de tener - obviamente - el mismo número), y tres ranuras 16A en la otra cara, la opuesta.

15 La cara en la que se realizan dos ranuras 16A está diseñada para engranar con el lado del elemento 14 que tiene las dos ranuras 14A (que de este modo entran en contacto con las ranuras coincidentes), mientras que la cara en la que se realizan tres ranuras 16A está diseñada para engranar con el segundo elemento 16 que tiene tres ranuras 16A (que de este modo entran en contacto con las ranuras coincidentes). De esta manera, el segundo elemento 16 necesariamente presenta la cara con dos ranuras 16A al elemento 14, en particular a su cara 14A que tiene dos ranuras, definiendo de este modo las al menos dos cavidades axiales de la sección (siete en total).

20 En términos generales, cualquiera sea el número de tubos 8 del haz de tubos del intercambiador de calor 1, el primer elemento modular 14 incluye un primer número de ranuras axiales 14A en solo una cara, mientras que el segundo elemento modular 16 incluye un número de ranuras axiales 16A iguales a dicho primer número en una primera cara del mismo, y un segundo número de ranuras axiales, igual al primer número aumentado por uno, en una segunda cara del mismo, opuesta a la primera.

De este modo, cuando las caras de los primeros y segundos elementos modulares 14, 16 mencionados con anterioridad, que tienen el mismo número de ranuras 14A, 16A, se ponen una contra la otra, se obtiene una disposición quincuncial de orificios pasantes orientados a lo largo del eje longitudinal X1, en la que cada orificio pasante está configurado para recibir un tubo correspondiente 8 del haz de tubos.

30 Esto es claramente visible en la representación en despiece de la Figura 4C, así como en la representación montada de la Figura 4D, que sustancialmente ilustra una sección 10 de la matriz en combinación con una interrupción térmica 12.

35 Con referencia nuevamente a las vistas de las Figuras 4C y 4D, preferentemente cada interrupción térmica 12 se desarrolla a través de toda la extensión transversal de las secciones 10, dividiendo estas últimas en compartimentos y aislándolas térmicamente en un modo integral entre sí.

Para este fin, la interrupción térmica 12 puede proporcionarse alternativamente como un diafragma fabricado con material de aislamiento térmico tal como alúmina, grafito, materiales cerámicos, vidrio cerámico Macor®, óxidos de magnesio, materiales refractarios u otros materiales de aislamiento conocidos, o por el contrario puede constituirse por un espacio vacío lleno solo con aire o gas inerte, o, por el contrario, proporcionarse en un espacio de vacío.

40 En una realización preferente, tal como la que forma el objeto de las figuras, y en particular de las Figuras 4C y 4D, la interrupción térmica 12 se proporciona como un diafragma fabricado con material de aislamiento térmico (nuevamente, alúmina, grafito, materiales cerámicos, vidrio cerámico Macor®, óxidos de magnesio, materiales refractarios, u otros materiales de aislamiento equivalentes) con una estructura modular que incluye cuatro porciones: dos primeras porciones 12A y dos segundas porciones 12B, dispuestas en secuencia una con respecto a la otra de acuerdo con el esquema 12A-12B-12B-12A.

45 Las porciones 12A tienen una huella que coincide con la sección transversal de los elementos 14 y están configuradas para montarse contra un elemento correspondiente 14. En cambio, las porciones 12B tienen una huella que coincide con la sección transversal de los elementos 16 y están configuradas para montarse contra un elemento correspondiente 16. Para las porciones del diafragma 12, el término "huella" se usa en tanto que corresponden sustancialmente a placas, es decir, a elementos con un desarrollo axial pequeño.

Cada primera porción 12A es una placa fabricada con material de aislamiento térmico, preferentemente alúmina (o en general cualquiera de los materiales de aislamiento térmicos mencionados con anterioridad), que tiene un perímetro que incluye una o más indentaciones 120 en solo un lado.

55 Cada segunda porción 12B es una placa fabricada con material de aislamiento térmico, preferentemente alúmina (en general, cualquiera de los materiales de aislamiento mencionados con anterioridad) que incluye indentaciones 120 en

un primer lado y un segundo lado del perímetro, opuestos entre sí.

La primera porción 12A incluye un primer número de indentaciones 120 (dos en este caso) igual al primer número de ranuras axiales 14A en el elemento modular 14.

En cambio, la segunda porción 12B incluye:

- 5 - un número de indentaciones 120 igual al primer número de indentaciones 120 en el primer lado antes mencionado del perímetro; y
- un segundo número de indentaciones 120, igual al primer número de indentaciones aumentado por uno, en el segundo lado antes mencionado del perímetro, de modo tal que, cuando los lados de las primeras y segundas porciones 12A, 12B que tienen el mismo número de indentaciones 120 se montan uno contra el otro, se obtiene una disposición quincuncial de orificios que tienen ejes paralelos a la dirección longitudinal X1 y tienen la misma posición, el mismo número y la misma disposición que los orificios de la disposición quincuncial definida por la pila de elementos modulares 14, 16, 16, 14; la persona experta en la técnica por consiguiente apreciará que el segundo número de indentaciones 120 es igual al segundo número de ranuras 16A en una segunda cara del elemento modular 16 (o, de manera equivalente, al primer número de ranuras axiales 14A en el elemento modular 14 o en la primera cara del elemento modular 16).

20 Cada tubo 8 después se inserta, en un modo libremente deslizable en una dirección axial, en una secuencia de orificios pasantes axiales caracterizada por la alternación de un orificio pasante axial en una sección 10 definida por el montaje de los elementos modulares 14 y/o 16 (14-16, 16-16) uno contra otro y un orificio pasante axial definido por el montaje de las porciones 12A y/o 12B (12A-12A, 12B-12B) una contra otra, después seguido nuevamente por un orificio pasante axial en la siguiente sección 10 que tiene una posición homóloga.

En el caso en el que la interrupción térmica 12 se ha de constituir por un espacio vacío lleno solo con aire o gas inerte, o, de lo contrario, proporcionar en un espacio en que haya un vacío, cada tubo 8 se inserta, en un modo libremente deslizable en una dirección axial, en una secuencia de orificios pasantes axiales en una posición homóloga en cada sección 10 (en la que cada orificio se define por el montaje de los elementos modulares 14 y/o 16 uno contra otro).

25 Con referencia a la Figura 2, Figura 4C, y Figura 4D, las pilas de elementos modulares 14, 16 que constituyen las secciones 10 (Figura 3) de la matriz 6 se mantienen firmemente compactadas en conjunto por un par de perfiles metálicos 18 (Figura 5) con una sección transversal sustancialmente con forma de C.

30 Los perfiles 18 se extienden a través de la longitud axial de la matriz 6 y están unidos entre sí por medio de una junta de brida, obtenida en este caso por medio de pernos BL engranados en los orificios sobre las bridas laterales 18A de los perfiles 18.

35 Por supuesto, la persona experta en la técnica apreciará que otras formas de juntas son posibles, por ejemplo, por el uso de soportes con una sección cuadrada o rectangular con pernos fijos en la parte superior en la que se apilan los elementos 14 y 16, por lo que, con la fuerza ejercida al atornillar los pernos, los elementos mismos se aprietan en conjunto, o, de lo contrario, por soldadura, o por medio de cualquier otro procedimiento capaz de compactar los elementos antes mencionados 14 y 16 en conjunto.

El armazón fabricado con material refractario 5 se ajusta alrededor de la matriz 6 y se inserta en una cavidad prismática que tiene una forma complementaria a la forma exterior del armazón 5 obtenida en el armazón 4 fabricado con material de aislamiento térmico, que también rodea la matriz 6.

40 Asimismo, el armazón 5 tiene una estructura modular. En particular, con referencia a la Figura 2 y a la Figura 6A, el armazón 5 del material refractario incluye dos primeros elementos modulares 20 de material refractario ilustrados en la Figura 6B, que están configurados sustancialmente como placas planas de material refractario, y dos segundos elementos modulares 22 de material refractario, que tienen una sección transversal con forma sustancialmente de C, ilustrados en la Figura 6A.

45 Los elementos modulares 20, 22 tienen una longitud axial igual a la longitud axial del intercambiador de calor, o alternativamente pueden tener una longitud axial igual a una de sus fracciones y pueden tener interrupciones térmicas entre sí ubicadas en las posiciones coincidentes con las interrupciones térmicas de la matriz.

50 Como puede observarse en la Figura 2, la matriz 6 mantenida por los perfiles 18 está sustancialmente incrustada dentro del armazón 5 del material refractario: dos elementos modulares 20 están dispuestos en lados opuestos de la matriz 6 (con referencia a la junta entre el par de perfiles 18) proyectándose lateralmente de modo de identificar dos subcavidades prismáticas alrededor de las áreas ocupadas por las bridas 18A.

Albergados en estas dos subcavidades se encuentran dos elementos modulares adicionales 22, cuya forma C permite la ubicación de los pernos BL y, por supuesto, las bridas 18A.

Preferentemente, el armazón 4 del material de aislamiento además se mantiene en el lado exterior mediante dos camisas semicilíndricas 24 que están unidas por medio de bridas longitudinales 26, que también están ajustadas con

pernos o soldadas.

Se describe a continuación la operación del intercambiador de calor 1.

Con referencia a la Figura 1 y la Figura 2, los tubos 8 del haz de tubos del intercambiador de calor están configurados para proporcionarse, durante el uso, con dos fluidos de trabajo, que tienen diferentes temperaturas.

5 Los extremos de los tubos 8 pueden funcionar en sí mismos como bocas de entrada o bocas de salida para los fluidos de trabajo y pueden conectarse directamente a las bocas de trabajo de otro componente, por ejemplo, un reactor combinado de oxidación y gasificación en agua supercrítica tal como el que se describe en las solicitudes de patente Núm. 10201600009465, 10201600009481, 10201600009512, presentadas en la misma fecha a nombre del solicitante de la presente, o dentro del procedimiento combinado de oxidación y gasificación en agua supercrítica, tal como el que se describe en la solicitud de patente Núm. 102015000011686, presentada el 13 de abril de 2015. La conexión puede obtenerse con bridas o, de lo contrario, juntas de tubo a tubo.

10 Independientemente de la modalidad seleccionada para la conexión, un primer conjunto de tubos 8 (uno o más tubos) es atravesado por el primer fluido de trabajo en una primera dirección de flujo, y un segundo conjunto de tubos 8 (en un número complementario al total con respecto al número del primer conjunto) es atravesado por el segundo fluido de trabajo en una segunda dirección de flujo preferentemente opuesta a la primera (operación a contracorriente). En el caso en el que se usan más de dos fluidos de trabajo, entonces puede haber fluidos de trabajo que atraviesen los tubos correspondientes 8 en el sentido de la corriente, y fluidos de trabajo que atraviesen los tubos 8 a contracorriente.

15 En general, el intercambiador de calor 1 puede usarse con los fluidos de trabajo a una presión diferente y con diferente composición química. La resistencia a la presión y a los agentes químicos se confía a las paredes de los tubos individuales 8, que pueden seleccionarse entre los modelos comúnmente disponibles en el mercado. Los tubos 8, para diferentes necesidades dictadas por las composiciones químicas y por la presión de los fluidos de trabajo, pueden estar fabricados con acero simple para fines de construcción, o, de lo contrario, con aceros de alta resistencia y con espesores de pared que pueden diferir incluso uno de otro (a modo de ejemplo, es posible usar para el fluido caliente un tubo fabricado con Inconel 825 en la medida en que el fluido sea marcadamente corrosivo y esté sujeto a altas presiones, mientras que para el fluido frío puede usarse un tubo de acero al carbono simple en la medida en que se someta a fluido no corrosivo a bajas presiones).

20 Cada tubo puede estar atravesado por un fluido diferente, con diferente composición química, presión, temperatura, y en un estado físico diferente.

25 El intercambio de calor entre los dos (o más) fluidos de trabajo dentro del intercambiador de calor se promueve por la matriz 6 durante la operación.

30 La matriz 6 está fabricada con un material con alta conductividad térmica indicativamente de 100 a 400 W/m°C, pero para necesidades diferentes, y para aplicaciones particulares, puede usarse acero laminado con conductividad térmica de aproximadamente 52 W/m°C como material para la matriz 6, o, de lo contrario, nuevamente para otras aplicaciones (tal como enfriamiento de microprocesadores para aplicaciones específicas, por ejemplo en el sector aeroespacial) puede concebirse el uso de diamante sintético con una conductividad de aproximadamente 1200 W/m°C, que funciona como un vehículo para un flujo térmico conductor en una dirección radial con respecto a los tubos 8 que se intercambia entre los primeros y segundos conjuntos de tubos 8.

35 La provisión de la matriz 6 como un vehículo para el intercambio de calor entre los tubos 6 - y como consecuencia lógica entre los fluidos de trabajo que fluyen en su interior - permite la eliminación del recurso a la tecnología de tubo doble, manteniendo al mismo tiempo la efectividad de su intercambio de calor dada la misma capacidad, si no hasta incluso aumentándola.

40 La estructura seccional de la matriz 6 debido a la provisión de las interrupciones térmicas 12 entre cuyas secciones se fabrica la matriz 6 es funcional al confinamiento axial de la propagación de los flujos térmicos. En otras palabras, el seccionamiento de la matriz permite la limitación del gradiente de temperatura de cada sección en una dirección axial, forzando sustancialmente la propagación de los flujos térmicos en una dirección radial (planos transversales al eje X1). Por este motivo, como se anticipó al principio, la longitud axial de las secciones 10 no debe ser demasiado grande, de modo de evitar la propagación de calor en una dirección axial a lo largo de la sección transversal y la consecuente reducción de la efectividad del intercambio de calor.

45 La propagación longitudinal de los flujos térmicos se interrumpe gracias a las interrupciones térmicas 12 que aíslan las secciones sucesivas de la matriz 6, aumentando de este modo la eficacia del intercambiador de calor. La expansión térmica axial de los tubos 8 además se favorece por su instalación en una condición libremente deslizable dentro de la matriz 6 evitando de este modo el recurso, por ejemplo, de cabezales flotantes costosos.

50 De este modo es posible proporcionar intercambiadores de calor de cualquier longitud por el uso de tubos fabricados con materiales de alta resistencia, tal como acero Inconel 825 o, de lo contrario, AISI 316L, que se encuentran disponibles en el mercado y no involucran los procedimientos de mecanizado costosos necesarios para la producción de tubos de un intercambiador de calor tradicional de doble tubo.

55

El costo de producción del intercambiador de calor 1 es mucho menor que para un intercambiador de calor de doble tubo de la misma capacidad, dado que además de existir una cantidad mínima de residuo necesaria para alcanzar las tolerancias y tamaños requeridos, como ya se mencionó los tubos también pueden seleccionarse de modelos de bajo costo comúnmente ya presentes en el mercado, mientras que para el mecanizado de los tubos para intercambiadores de calor de doble tubo el residuo constituye un porcentaje mayor del material de desecho dado que los tubos derivan del mecanizado mecánico de un lingote monolítico colado por fundición.

Dado que la matriz 6 permite que los tubos 8 se deslicen uno con respecto al otro hasta un punto que por otro lado no es significativo en comparación con la expansión térmica tradicional que puede notarse en los intercambiadores de calor de doble tubo, esto permite una compensación automática de la expansión térmica, eliminando completamente la necesidad de cabezales flotantes o juntas de expansión de gran tamaño. Además, cualquier expansión térmica posible de los tubos 8 puede compensarse por los tubos conectados a estos, provenientes, por ejemplo, de otros componentes ajustados corriente arriba o corriente abajo: al proporcionar estos tubos con codos y/o curvas, su capacidad de deformación permite la recuperación de las deformaciones que derivan de la expansión térmica posible.

Además, se apreciará que la estructura modular del intercambiador de calor 1 permite posibles operaciones de mejora de una planta preexistente a llevar a cabo en un modo más bien rápido. En particular, es posible aumentar la capacidad de intercambio de calor del intercambiador de calor 1 simplemente mediante la incorporación de los tubos 8 o su retiro de la matriz 6, de acuerdo con la capacidad requerida.

En este sentido, la modularidad del intercambiador de calor 1 ofrece la posibilidad de montar, en cualquier sección longitudinal del propio intercambiador de calor, uno o más tubos adicionales 8C' (fluido frío) o, de lo contrario, 8H' (fluido caliente). Cada uno de estos tubos adicionales recibe fluido caliente (8H') o fluido frío (8C') a una temperatura diferente de la temperatura del fluido caliente o frío (respectivamente) en la entrada de las secciones de extremo del intercambiador de calor (tubos 8H, 8C), pero correspondientes a la temperatura cercana a la del fluido caliente o frío que fluye en los tubos 8H, 8C en la sección en la que se montan los tubos adicionales. El objeto es maximizar la fuerza de empuje (proporcional a la diferencia en la temperatura entre los fluidos con relación al intercambio de calor), previniendo la formación del denominado "pellizco térmico", es decir, las secciones del intercambiador de calor 1 en las que la fuerza de empuje se desvanece porque los fluidos en una relación del intercambio de calor tienen la misma temperatura.

Lo anterior se ejemplifica en la Figura 7, que representa esquemáticamente a objeto de simplicidad un intercambiador de calor 1 que tiene solo dos tubos 8, en particular un tubo 8H para un primer fluido caliente y un tubo 8C para un primer fluido frío que se extienden en la totalidad del desarrollo longitudinal correspondiente al intercambiador de calor del intercambiador de calor (entradas/salidas en los extremos del intercambiador de calor 1). Además, el intercambiador de calor 1 incluye un tubo 8H' que permite la inyección de un segundo fluido caliente en la sección de entrada corriente abajo de la sección de entrada del primer fluido caliente, con una salida ajustada en un punto correspondiente a la salida del primer fluido caliente. Finalmente, el intercambiador de calor 1 incluye un tubo 8C' que permite la inyección de un segundo fluido frío en una posición correspondiente a la entrada del primer fluido frío, este segundo fluido frío sale del intercambiador de calor en un punto correspondiente a una sección corriente arriba de la salida del primer fluido frío. La situación representada es la de la operación a contracorriente (como puede observarse en el diagrama que aparece sobre el intercambiador de calor en la Figura 7).

Las vistas esquemáticas que aparecen en las figuras a continuación del intercambiador de calor ilustran secciones del mismo correspondientes a las trazas VIIA - VII-A, VII-B - VII-B; VII-C - VII-C; VII-D - VII-D; VII-E - VII-E; VII-F - VII-F e identificadas por las letras A, B, C, D, E, F, respectivamente. Las secciones en las que están montados los tubos adicionales corresponden a las letras D, B.

Las referencias adoptadas en el diagrama que aparecen sobre la representación esquemática del intercambiador de calor 1 además tienen el siguiente significado:

TH1IN: temperatura del primer fluido de trabajo caliente en la entrada del intercambiador de calor 1;

TH2IN: temperatura del segundo fluido de trabajo caliente en la entrada de la sección D en el intercambiador de calor 1;

TH1OUT: temperatura del primer fluido de trabajo caliente en la salida del intercambiador de calor 1;

TH2OUT: temperatura del segundo fluido de trabajo caliente en la salida del intercambiador de calor 1;

TC1IN: temperatura del primer fluido de trabajo frío en la entrada del intercambiador de calor 1;

TC2IN: temperatura del segundo fluido de trabajo frío en la entrada del intercambiador de calor 1;

TC1OUT: temperatura del primer fluido de trabajo frío en la salida del intercambiador de calor 1; y

TC2OUT: temperatura del segundo fluido de trabajo frío en la salida de la sección B del intercambiador de calor 1.

- Como puede observarse, existe una uniformidad completa entre los perfiles de temperatura de los fluidos de trabajo calientes y de los fluidos de trabajo fríos: el segundo fluido de trabajo caliente tiene una temperatura de entrada TH2IN idéntica a la temperatura del primer fluido caliente en la sección D y una temperatura de salida TH2OUT idéntica a la temperatura de salida del primer fluido caliente TH1OUT. El segundo fluido de trabajo frío tiene una temperatura de entrada TC2IN idéntica a la temperatura de salida del primer fluido frío TC1IN, y una temperatura de salida TC2OUT idéntica a la temperatura del primer fluido frío en la sección B.
- En realizaciones alternativas, además, el armazón 4 del material de aislamiento puede en sí mismo estar fabricado con material de aislamiento refractario, eliminando así el armazón 5. La viabilidad de una solución o la otra depende, por supuesto, de los requerimientos técnicos y los costos relacionados con cada diseño.
- Además de todos los beneficios mencionados con anterioridad, la estructura modular del intercambiador de calor 1 es asimismo adecuada para la producción de intercambiadores de calor constituidos por conjuntos de intercambiadores de calor 1* (que tienen la función de intercambiadores de calor modulares/unidades de intercambio de calor modular adecuados) en comunicación de fluido entre sí de acuerdo con una lógica que depende de las necesidades (conexiones en serie, paralelas o mixtas). Básicamente, en estas realizaciones cada intercambiador de calor 1 mantiene su propia estructura modular y, del mismo modo, funciona como un módulo estructural para un intercambiador de calor más extensivo. Por supuesto, también es posible usar el intercambiador de calor 1* como una unidad independiente: lo que se describe brevemente se ha de comprender simplemente como un modo de uso posible y preferente.
- Un ejemplo de esta realización está representado en las Figuras 8 a 11. Las Figuras 10 y 11 representan un intercambiador de calor 100 proporcionado para un ensamblaje de una pluralidad de intercambiadores de calor 1*, en dos versiones distintas, uno (Figura 10) de un tipo de conjunto simple (o conjunto lineal), el otro (Figura 11) de un tipo de conjunto múltiple (o conjunto bidimensional).
- En cambio, las Figuras 8, 9A, 9B y 9C ilustran el intercambiador de calor 1 en una realización preferente en vista de la aplicación representada en las Figuras 10 y 11.
- El intercambiador de calor 1* de las Figuras 8, 9A y 9B incluye el núcleo de intercambio de calor 2 y un armazón 4 de material de aislamiento colocado alrededor del núcleo de intercambio de calor 2. El núcleo de intercambio de calor 2 está preferentemente sin el armazón adicional 5 de material refractario, básicamente para contener las dimensiones generales; en realizaciones adicionales, sin embargo, es posible concebir también el armazón 5.
- El núcleo de intercambio de calor 2 incluye la matriz 6, que alberga, en tales realizaciones, un haz de tubos que incluye un par de tubos 8 que se extienden cada uno en una dirección de alargamiento respectiva. En la realización preferente ilustrada en la presente memoria, la dirección de alargamiento coincide, para todos los tubos 8, con una dirección longitudinal del intercambiador de calor respectivo 1 identificada por el eje longitudinal X1 del mismo. Los tubos 8 son, por consiguiente, paralelos entre sí. Por supuesto, es posible concebir cualquier número de tubos 8.
- Además, se encuentran colocadas en los extremos del haz de tubos una primera placa de extremo B1 y una segunda placa de extremo B2 fabricadas con material de aislamiento. Las placas de extremo B1 y B2 están atravesadas por los tubos 8 que salen de cada intercambiador de calor 1*.
- La referencia 24 (Figura 9C) designa en este caso una camisa de metal que tiene una forma prismática con una función que es la igual que la de las camisas 24 descritas previamente, solo que adaptada a la nueva forma del intercambiador de calor 1 (prismática en lugar de cilíndrica, aunque puede concebirse una versión cilíndrica). La camisa 24 está ajustada en la parte exterior del armazón 4, y está cerrada en los extremos opuestos por dos placas de extremo 24B, que permiten que los tubos 8 salgan de la misma.
- Los tubos 8 del haz proporcionan trayectorias de flujo para dos o más fluidos termovectores a diferentes temperaturas y en una relación de intercambio de calor entre sí. Estas trayectorias de flujo se desarrollan en las direcciones de alargamiento de los tubos respectivos 8. En el caso de la realización preferente ilustrada en la presente memoria, la dirección de las trayectorias de flujo coincide con la dirección longitudinal X1 del intercambiador de calor.
- También en esta realización, la matriz 6 está fabricada con un material con conductividad térmica, preferentemente cobre o aluminio, o diamante sintético, e incluye una pluralidad de secciones 10 dispuestas en secuencia en la dirección longitudinal X1 y está alternada por las interrupciones térmicas correspondientes 12, que se desarrollan en una dirección transversal a la dirección longitudinal X1 (Figuras 8, 9A).
- Las interrupciones térmicas 12 que separan las secciones 10 se desarrollan en una dirección transversal a la dirección de alargamiento de cada uno de los tubos 8: en el caso en cuestión, esta es equivalente a la extensión en una dirección transversal a la dirección X1, pero en el caso de las direcciones de alargamiento que no son paralelas entre sí (ya sean rectilíneas o curvilíneas), las interrupciones térmicas 12 se desarrollan en una dirección transversal a cada dirección de alargamiento.
- En la realización ilustrada en la Figura 9A, la matriz 6 incluye quince secciones 10 y catorce interrupciones térmicas 12, en la que cada interrupción térmica 12 separa dos secciones contiguas 10. La matriz se ilustra en una vista

aumentada en la Figura 8, pero por necesidades de representación solo se ilustran cinco de las quince secciones.

Por supuesto, el número de las secciones 10 depende de la longitud axial del intercambiador de calor 1* ya que, como se observará a continuación en la presente memoria, es preferible que las secciones 10 tengan una longitud axial limitada en vista de los resultados para los que fueron diseñadas.

- 5 Cada sección 10 tiene una estructura modular, como se describió previamente. En particular, cada sección 10 se obtiene montando dos elementos modulares 14 similares a los descritos previamente uno sobre el otro, es decir, elementos modulares con ranuras semicirculares 14A solo en un lado. En la realización ilustrada en la presente memoria (véase la Figura 8A), los elementos modulares 14 solo están en contacto en la superficie entre las ranuras 14A.
- 10 Preferentemente, un sujetador con forma de S designado por la referencia CL está sujeto sobre los tubos 8 en las interrupciones térmicas 12.

Con referencia a las Figuras 10 y 11, el intercambiador de calor 100 incluye una pluralidad de intercambiadores de calor 1*, cuyos tubos 8 se tornan en comunicación hidráulica por medio de juntas designadas por la referencia J (que en este caso tienen forma de U).

- 15 En la realización de la Figura 10, el intercambiador de calor 100 incluye un conjunto individual (o lineal) de intercambiadores de calor 1* dispuestos a lo largo uno de otro (en vista de la Figura 10 los intercambiadores de calor 1* están dispuestos uno sobre el otro, pero en la práctica - a condición de que las conexiones hidráulicas se realicen como se ilustra o de acuerdo con las necesidades - es posible disponer el intercambiador de calor 100 con cualquier orientación) en el que cada junta J desvía la trayectoria del fluido sustancialmente en 180°, permitiendo la conexión a los tubos 8 del intercambiador de calor 1* superponiéndolo inmediatamente. El intercambiador de calor 100 sustancialmente consiste en un complejo de "cartuchos" de intercambio de calor (o unidades de intercambio de calor modular), cada uno constituido por un intercambiador de calor 1*. Las juntas J pueden tener cualquier forma, por consiguiente, generando intercambiadores de calor 100 cuyo desarrollo puede diferir del ilustrado en las Figuras 10 y 11. Cada junta se proporciona como un tramo de tubo diseñado para la conexión con un tubo 8 corriente arriba y un tubo 8 corriente abajo de la misma. Además, las juntas J están preferentemente aisladas por medio de un revestimiento de material de aislamiento térmico. Además, las juntas J intrínsecamente presentan una mayor capacidad de deformación que el resto de la estructura de modo que puedan cooperar en la absorción de las expansiones térmicas diferenciales.
- 20
- 25

- 30 Además, el intercambiador de calor 100, también considerado como un todo y con referencia a las direcciones de alargamiento de los tubos 8, globalmente comprende una matriz de material con conductividad térmica, dentro de la que se encuentran dispuestos los tubos 8 y que está fabricada con secciones 10 separadas por interrupciones térmicas 12. Esta condición se verifica a lo largo del desarrollo del intercambiador de calor 100. Además, debe tenerse en cuenta que los tramos del intercambiador 1* (juntas J) constituyen en sí mismos interrupciones térmicas con respecto a la matriz 6.

- 35 Básicamente, en el intercambiador de calor 100 cada interrupción térmica 12 - extendiéndose en una dirección transversal a la dirección X1 - consiste en un complejo de juntas J que conectan hidráulicamente los tubos 8 de las unidades de intercambio de calor modulares del intercambiador de calor 100, en el que las unidades de intercambio de calor modulares corresponden a los intercambiadores de calor 1*.

- 40 Cada unidad de intercambio de calor modular 1* en efecto define una sección 10* de la matriz del intercambiador de calor 100. En el caso de la realización de la Figura 9A, la sección de la matriz 6 de cada unidad de intercambio de calor modular 1* a su vez se divide en una pluralidad de secciones 10 separadas por interrupciones térmicas 12 que se extienden en una dirección transversal a la dirección de alargamiento X1.

Lo mismo aplica a la realización de la Figura 11, en la que se proporcionan tres conjuntos lineales de intercambiadores de calor 1* uno al lado del otro para constituir un conjunto tridimensional de 8 x 3 intercambiadores de calor 1*.

- 45 También, en esta realización, los tubos 8 de cada intercambiador de calor 1* están conectados hidráulicamente, por medio de juntas, designadas con la referencia J (en este caso siendo en forma de U), a los tubos correspondientes 8 de al menos un intercambiador de calor diferente 1*, en el que cada junta J en esta realización desvía la trayectoria del fluido sustancialmente en 180°.

- 50 En este caso, sin embargo, las juntas J se usan tanto para la conexión hidráulica de los intercambiadores de calor 1* colocados uno en la parte superior del otro como para la conexión hidráulica de los intercambiadores de calor 1* dispuestos uno al lado del otro en el paso de un conjunto lineal a otro. Con referencia a la figura, y suponiendo las direcciones arriba/abajo y derecha/izquierda con referencia a la vista de la propia figura (sin que esto constituya ninguna limitación con respecto a la instalación del intercambiador de calor 100), la disposición de las juntas J proporciona una trayectoria de flujo para los fluidos termovectores que se desarrolla desde el intercambiador de calor 1* hacia abajo a la izquierda verticalmente a lo largo del conjunto lineal de mano izquierda, y después pasa al conjunto lineal central que corre justo por debajo, y finalmente pasa al conjunto lineal de mano derecha que corre justo por encima para terminar en el intercambiador de calor 1* en la parte superior derecha (claramente la dirección transversal
- 55

- 5 a la disposición lineal depende de la dirección de flujo de los fluidos en los tubos 8, lo que a su vez depende de la operación en el sentido de la corriente o a contracorriente - prefiriéndose la última). Además, como es evidente, la presencia de las juntas J en ambos lados del conjunto lineal en un modo alternativo en efecto se impone sobre los fluidos de modo de fluir hacia arriba o hacia abajo de los conjuntos a lo largo de una trayectoria en serpentina en el plano de cada conjunto.
- 10 La trayectoria global para cada uno de los fluidos, sin embargo, puede ser cualquiera. Dependiendo del tipo de fluidos termovectores y de las necesidades, es posible definir, por medio de las juntas J, trayectorias con diferentes desarrollos (por ej., una trayectoria en espiral), o, de lo contrario, con modalidades de conexión diferentes de la conexión en serie descrita hasta ahora. Es posible, por ejemplo, implementar una conexión en paralelo o una conexión mixta en serie-paralelo.
- Sin embargo, se debe considerar que, con referencia a la Figura 9B, teniendo en cuenta el uso de un intercambiador de calor 1 de esta clase como un módulo estructural para un intercambiador de calor más extensivo 100, es posible concebir la provisión del intercambiador de calor 1* con una matriz 6 que incluye solo una sección 10, en cuyos extremos se proporciona una primera interrupción térmica 12 y una segunda interrupción térmica 12.
- 15 De este modo, una vez que el intercambiador de calor 100 se ha ensamblado, mantiene en cualquier caso las características de acuerdo con la presente invención, es decir, la presencia de interrupciones térmicas 12 que separan la matriz (en este caso considerada en el desarrollo completo del intercambiador de calor 100) en una dirección transversal a la dirección de alargamiento de los tubos 8. Nuevamente, los propios tramos del intercambiador de calor 1* (juntas J) constituyen interrupciones térmicas con respecto a los conjuntos 6.
- 20 Cada unidad de intercambio de calor modular 1* en efecto define una sección 10* de la matriz con conductividad térmica del intercambiador de calor 100. En este caso, sin embargo, la sección de matriz del intercambiador de calor 100 continúa en cada unidad 1*.
- 25 Por último, cabe destacar que la presencia de las juntas J permite que se mantengan los atributos de acuerdo con la invención incluso también en variantes adicionales en las que la matriz 6 está formada por una sola sección, y las interrupciones térmicas 12 en los extremos están ausentes: en este caso, permanecen solo los tramos del intercambiador 1* (es decir, las juntas J) para constituir las interrupciones térmicas transversales a la dirección de alargamiento X1.
- 30 Por supuesto, los detalles de construcción y las realizaciones pueden variar ampliamente con respecto a lo que se ha descrito e ilustrado en la presente memoria, sin apartarse por lo tanto del alcance de la presente invención, como se define por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un intercambiador de calor (1; 1*; 100) que incluye:

- un haz de tubos (8), extendiéndose cada uno en una dirección de alargamiento respectiva (X1) y definiendo una trayectoria de flujo para un fluido de trabajo extendiéndose en dicha dirección de alargamiento (X1), en el que cada tubo (8) del haz puede proporcionarse con un fluido de trabajo,

- una matriz (6) fabricada con un material con conductividad térmica, que alberga los tubos (8) de dicho haz y que está configurada, en el uso, para promover un intercambio térmico entre los fluidos de trabajo que discurren a través de los tubos correspondientes (8) de dicho haz,

- un revestimiento (4) fabricado con un material de aislamiento térmico dispuesto alrededor de dicha matriz (6),

el intercambiador de calor está **caracterizado porque** dicha matriz (6) está fabricada con una pluralidad de secciones (10) alternadas por interrupciones térmicas (12) que se extiende en sentido transversal a dicha dirección de alargamiento (X1).

2. El intercambiador de calor (1; 1*; 100) de acuerdo con la Reivindicación 1, en el que la dirección de alargamiento de cada tubo (8) es una dirección longitudinal (X1) de dicho intercambiador de calor (1), en el que la pluralidad de secciones (10) de la matriz (6) están dispuestas a lo largo de dicha dirección longitudinal (X1) y están alternadas por interrupciones térmicas (12) que se extienden transversalmente a dicha dirección longitudinal (X1).

3. El intercambiador de calor (1; 1*; 100) de acuerdo con la Reivindicación 1 o 2, en el que dicha matriz (6) es parte de un núcleo de intercambio térmico (2) de dicho intercambiador de calor (1) interno a dicho armazón fabricado con material de aislamiento térmico (4), en el que dicho núcleo de intercambio de calor (2) incluye dicha matriz (6), dicho haz de tubos (8) y un armazón adicional fabricado con material refractario (5).

4. El intercambiador de calor (1; 1*; 100) de acuerdo con una de las Reivindicaciones 1 a 3, en el que cada sección (10) de dicha matriz (6) tiene una construcción modular que incluye una pila de elementos modulares (14, 16).

5. El intercambiador de calor (1) de acuerdo con la Reivindicación 4, en el que cada pila de elementos modulares incluye, dispuestos en secuencia entre sí, un primer elemento modular (14), dos segundos elementos modulares (16, 16) y un primer elemento modular adicional (14), en el que:

- cada primer elemento modular (14) es una placa fabricada con material con conductividad térmica incluyendo una o más ranuras axiales (14A) en una sola de sus caras, y

- cada segundo elemento modular (16) es una placa fabricada con material con conductividad térmica incluyendo ranuras axiales (16A) en correspondencia con una primera y segunda de sus caras opuestas.

6. El intercambiador de calor (1) de acuerdo con la Reivindicación 5, en el que el primer elemento modular (14) incluye un primer número de ranuras axiales (14A), mientras que el segundo elemento modular (16) incluye:

- dicho primer número de ranuras axiales en dicha primera cara, y

- un segundo número de ranuras axiales, igual al primer número más una unidad, en dicha segunda cara, de modo que cuando las caras de dichos primeros y segundos elementos modulares (14, 16) que tienen un número igual de ranuras axiales (14A, 16A) se yuxtaponen, se obtiene una disposición quincuncial de orificios orientada a lo largo de dicha dirección longitudinal (X1), en la que cada orificio está configurado para albergar un tubo (8) de dicho haz.

7. El intercambiador de calor (1) de acuerdo con la Reivindicación 5, en el que cada interrupción térmica incluye, dispuesta en secuencia entre sí, una primera porción (12A), dos segundas porciones (12B, 12B), y una primera porción adicional (12A) en el que:

- cada primera porción (12A) es una placa fabricada con material de aislamiento térmico, preferentemente alúmina, que tiene un perímetro que incluye una o más indentaciones (120) en solo uno de sus lados,

- cada segunda porción (12B) es una placa fabricada con material de aislamiento térmico, preferentemente alúmina, incluyendo indentaciones (120) en correspondencia de un primero y un segundo lado de dicho perímetro, opuestos entre sí,

en el que

la primera porción (12A) incluye un primer número de indentaciones (120), igual al primer número de ranuras axiales (14A) de dicho primer elemento modular (14), la segunda porción (12B) incluye:

- un número de indentaciones iguales al primer número de indentaciones (120) de dicho primer lado, y

- un segundo número de indentaciones (120), igual al primer número de indentaciones más una unidad, en dicho segundo lado, de modo tal que, cuando dichas primeras y segundas porciones (12A, 12B) que tienen un número igual de indentaciones (120) están yuxtapuestas, se obtiene una disposición quincuncial de orificios que tienen ejes paralelos a dicha dirección longitudinal (X1), y que tienen la misma posición, el mismo número y la misma disposición de los orificios de la disposición quincuncial determinada por dicha pila de elementos modulares (14, 16, 16, 14).
- 5
- 8.** El intercambiador de calor (1; 1*; 100) de acuerdo con cualquiera de las Reivindicaciones 1, 2, 6 o 7, en el que cada tubo (8) de dicho haz está montado en forma deslizable libremente en un orificio correspondiente en cada sección (10) de la matriz (6).
- 9.** El intercambiador de calor (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las secciones (10) de dicha matriz están encerradas por medio de un primero y un segundo perfil de metal (18, 18) conectados entre sí por medio de una junta de brida (18A, BL).
- 10
- 10.** El intercambiador de calor (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha interrupción térmica (12) se realiza, alternativamente, como:
- un interespacio en el que se aplica vacío,
 - un interespacio en el que se inserta aire,
 - un interespacio en el que se inserta gas inerte,
 - un tabique fabricado con material de aislamiento térmico (12A, 12B), preferentemente alúmina.
- 15
- 11.** El intercambiador de calor de acuerdo con la Reivindicación 9, en el que dicho armazón fabricado con material refractario (5) tiene una estructura modular e incluye:
- un primer par de elementos modulares (20) que incluye dos placas fabricadas con material refractario dispuestas alineadas con dicha dirección longitudinal (X1) en lados opuestos de dicha matriz (6) con respecto a la línea de costura entre dicho primer y segundo perfil y que sobresalen lateralmente con respecto a la misma, y
 - un segundo par de elementos modulares (22) que tienen una sección transversal con forma de C dispuesta entre dicho primer par de elementos modulares y a lo largo de dicha junta de brida.
- 20
- 12.** El intercambiador de calor (100) de acuerdo con la Reivindicación 1, en el que cada una de dichas interrupciones térmicas consiste en un complejo de juntas (J) que conectan hidráulicamente los tubos (8) de unidades de intercambio de calor modulares (1*), en el que cada unidad de intercambio de calor modular (1*) incluye una sección (10; 10*) de la matriz del intercambiador de calor (1*).
- 25
- 13.** El intercambiador de calor (100) de acuerdo con la Reivindicación 1, en el que la sección de la matriz (6) de cada unidad de intercambio de calor modular (1*) se divide a su vez en una pluralidad de secciones (10) separadas por interrupciones térmicas (12) que se extienden en una dirección transversal a la dirección de alargamiento (X1).
- 30
- 14.** El intercambiador de calor (100) de acuerdo con la Reivindicación 12 o con la Reivindicación 13, en el que los tubos de cada unidad de intercambio de calor modular están conectados hidráulicamente por medio de juntas (J) a los tubos correspondientes de al menos otra unidad de intercambio de calor modular (1*), en el que dichas juntas (J) proporcionan interrupciones térmicas.
- 35
- 15.** El intercambiador de calor (100) de acuerdo con la Reivindicación 12 o con la Reivindicación 14, en el que la matriz de cada unidad de intercambio de calor modular (1*) está fabricada con una sola sección (10), en cuyos extremos se proporciona una primera interrupción térmica (12) y una segunda interrupción térmica (12).

FIG. 1

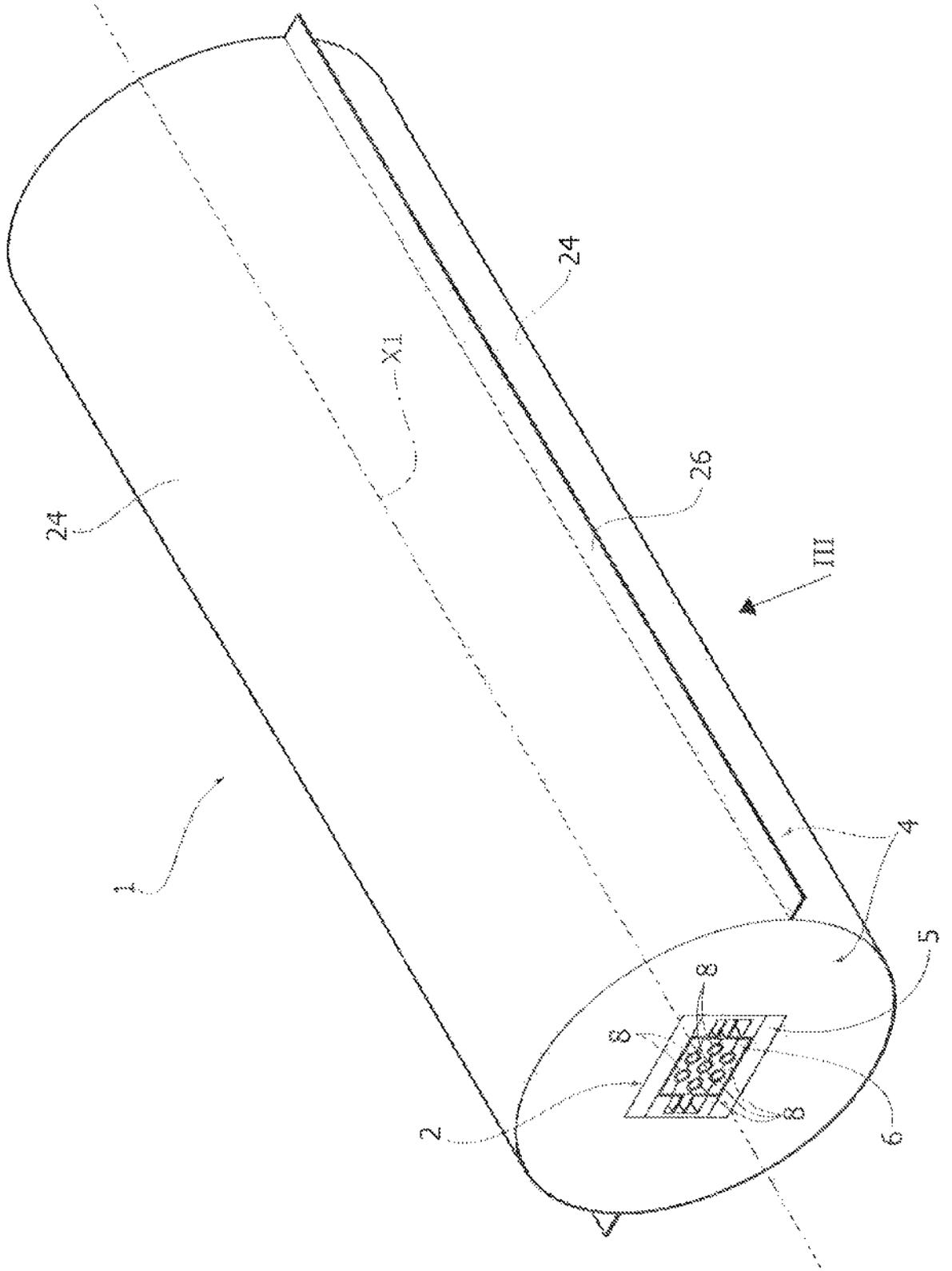


FIG. 2

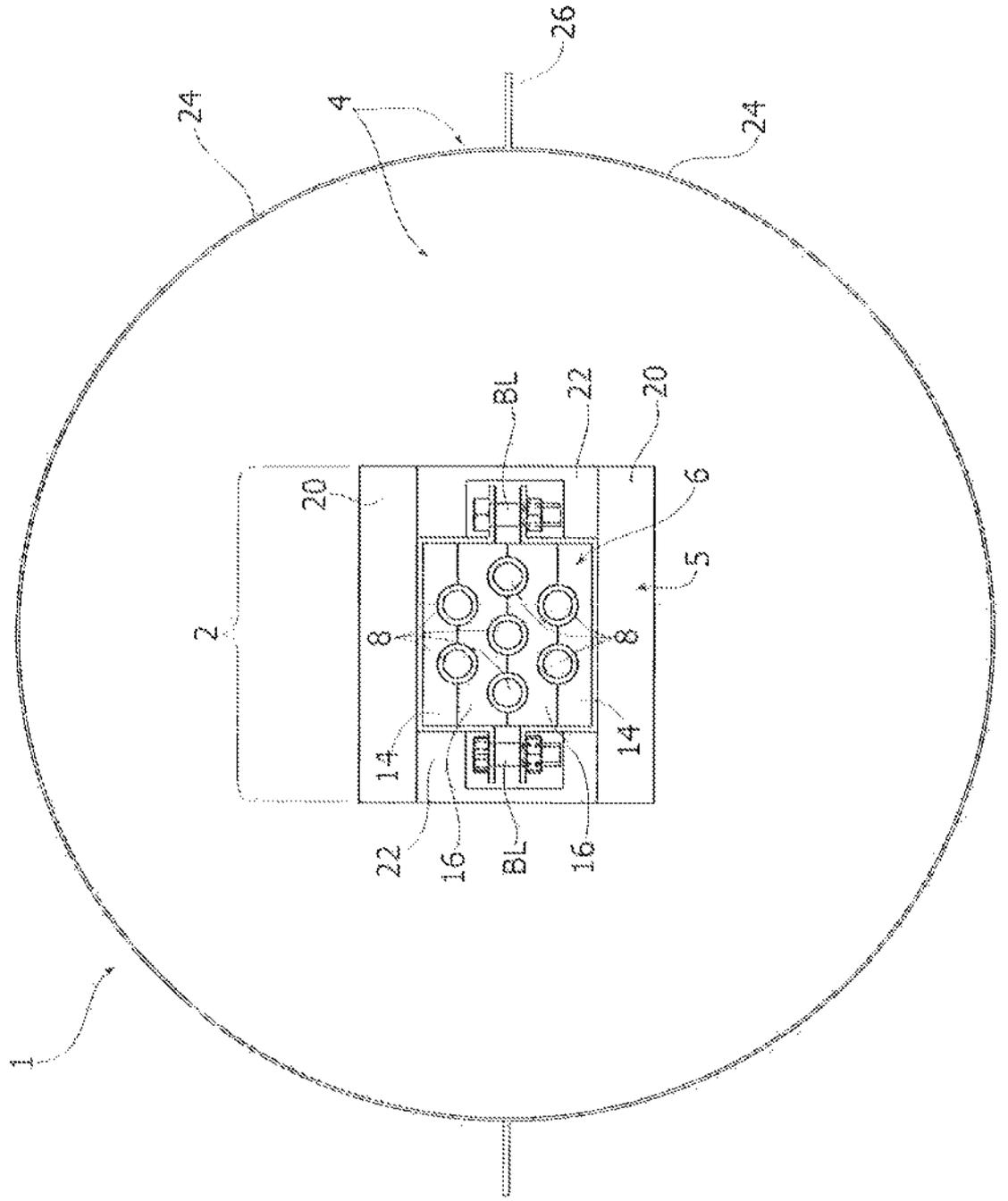
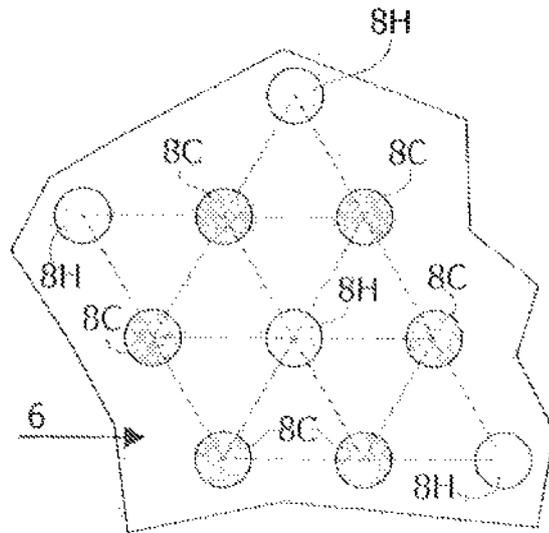
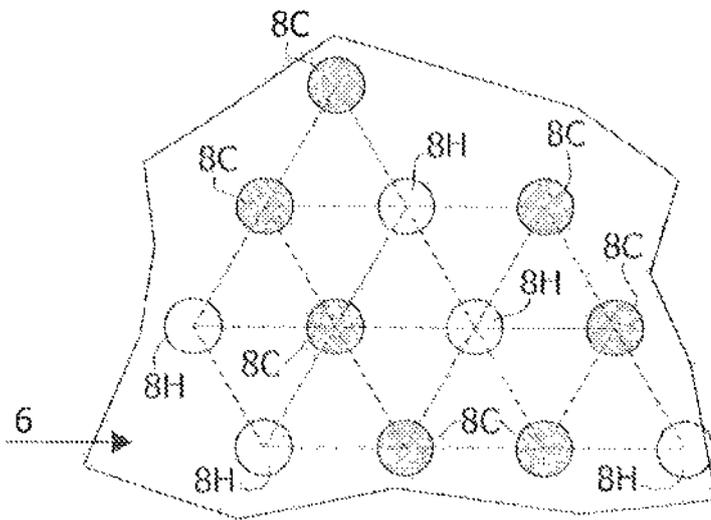


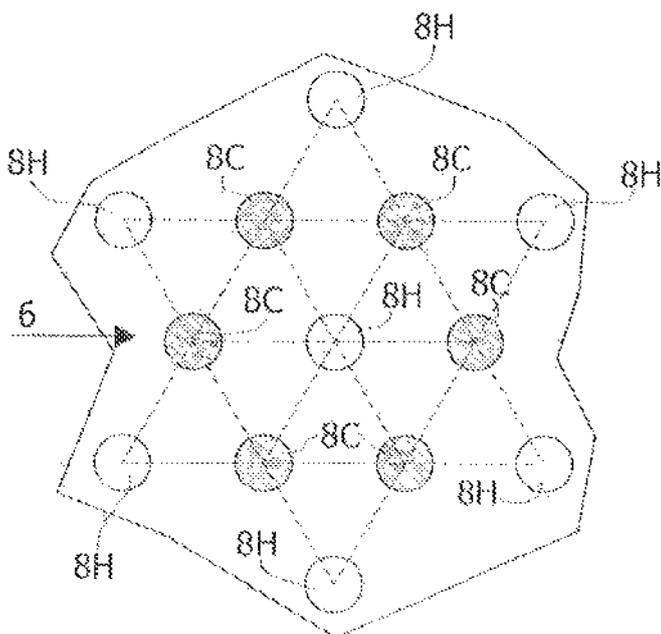
FIG. 2A



2A-1



2A-2



2A-3

FIG. 3

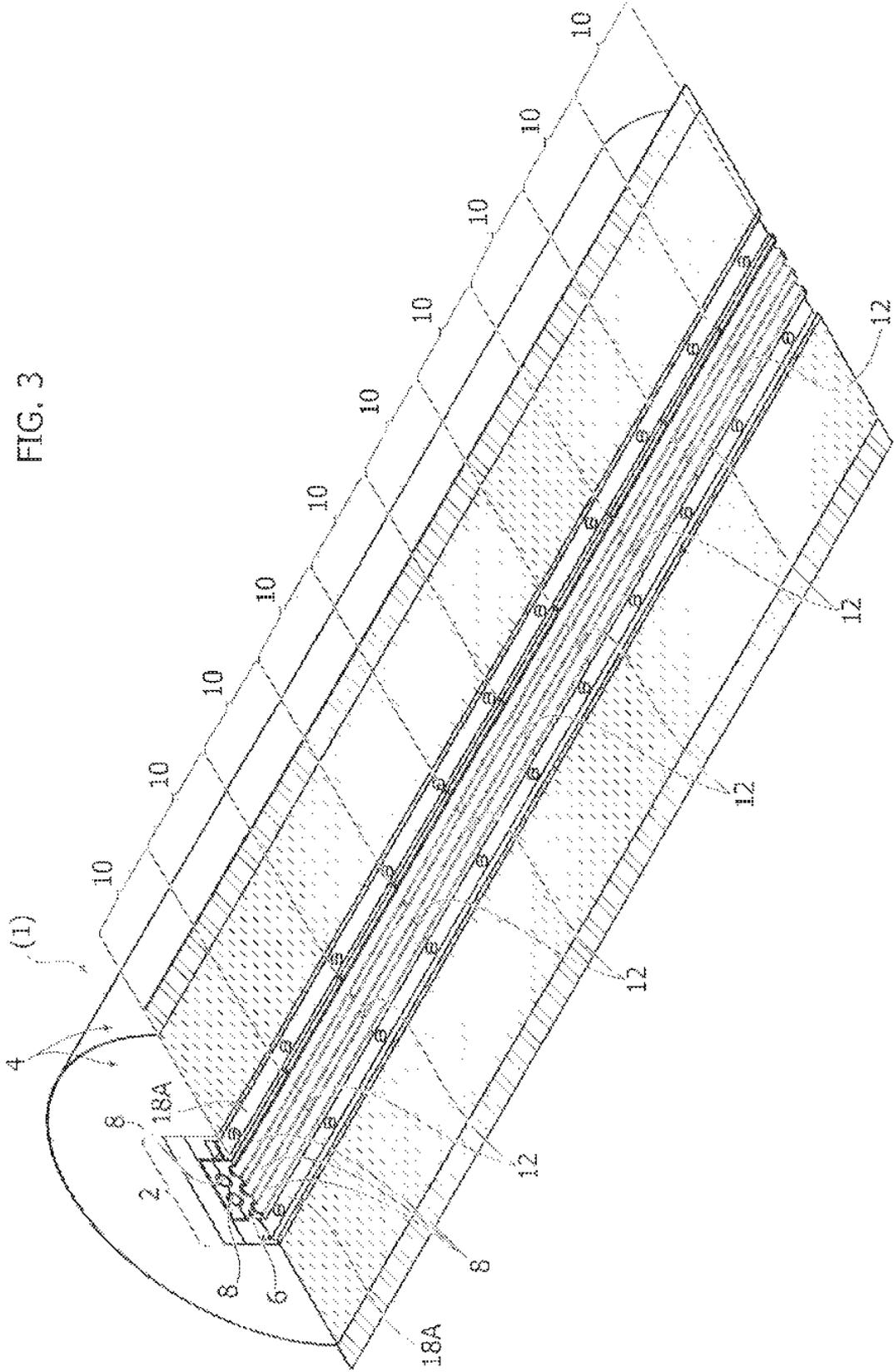


FIG. 4B

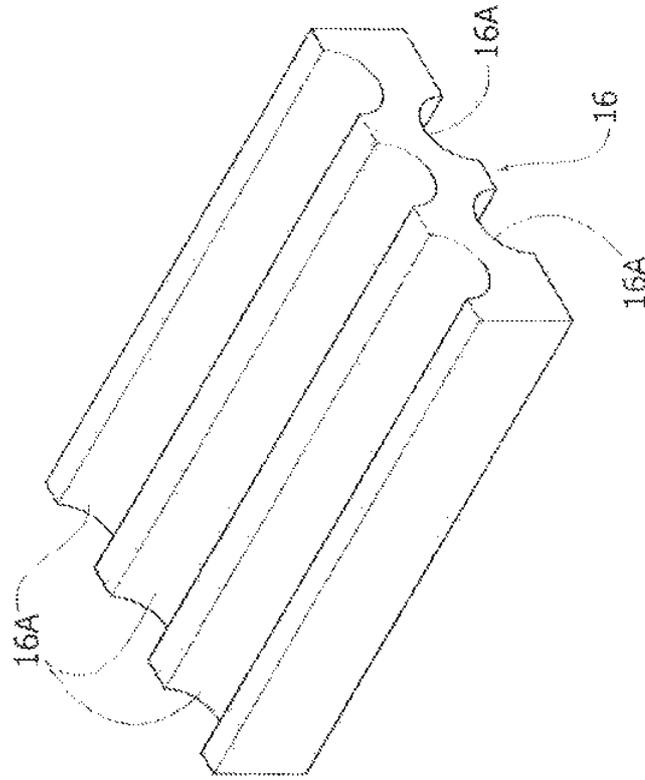


FIG. 4A

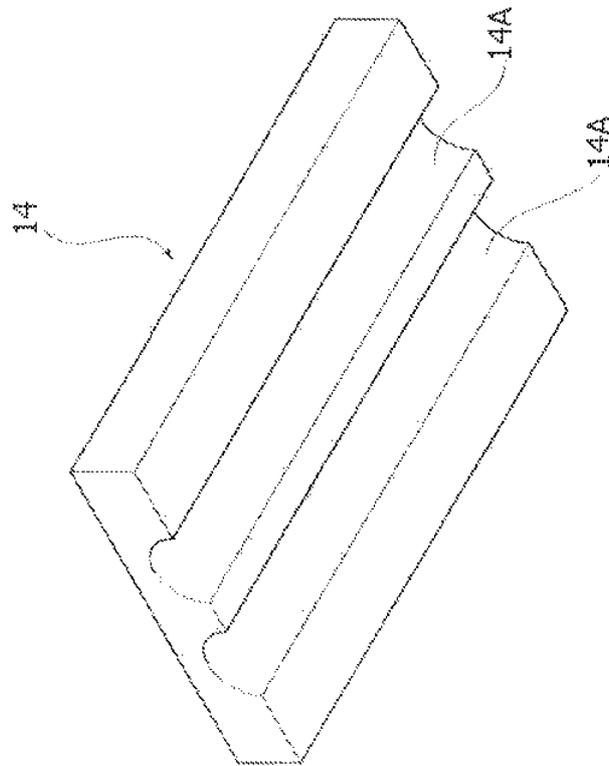


FIG. 4C

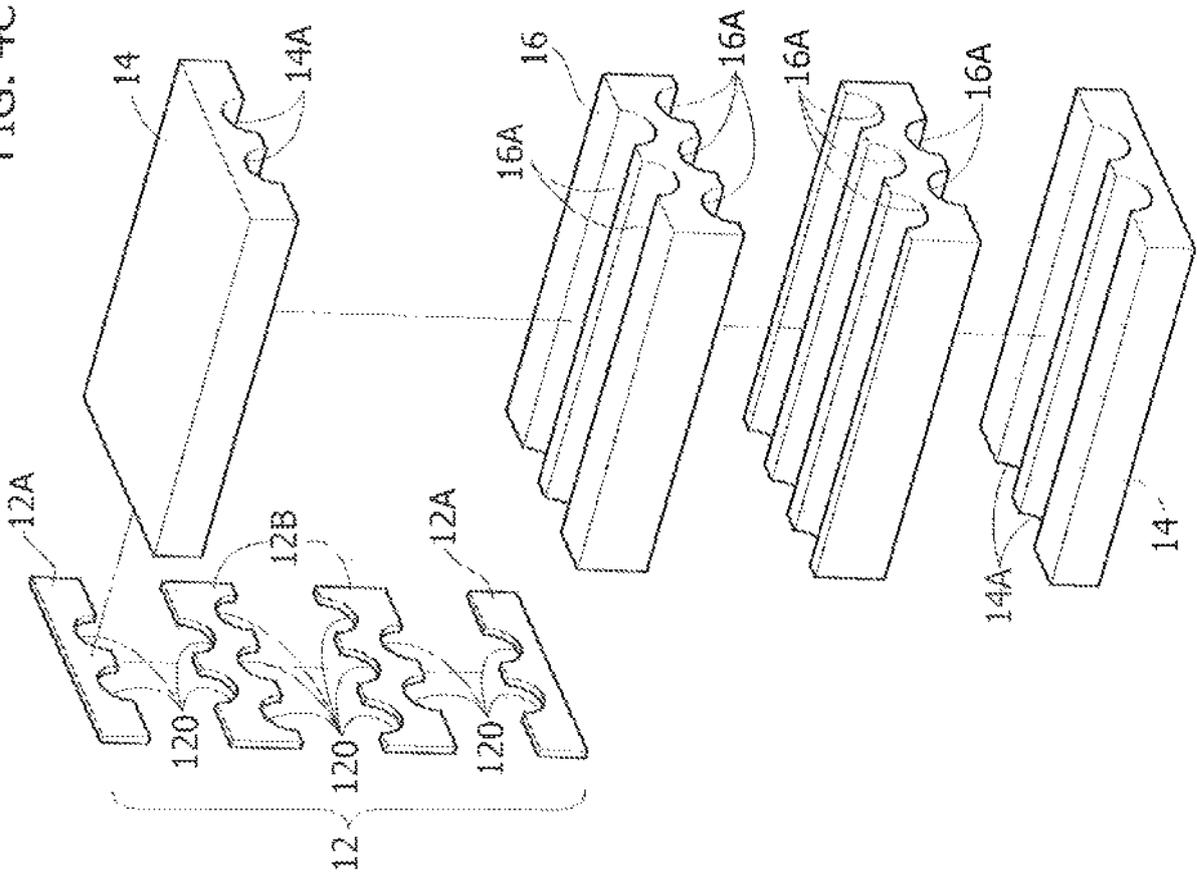
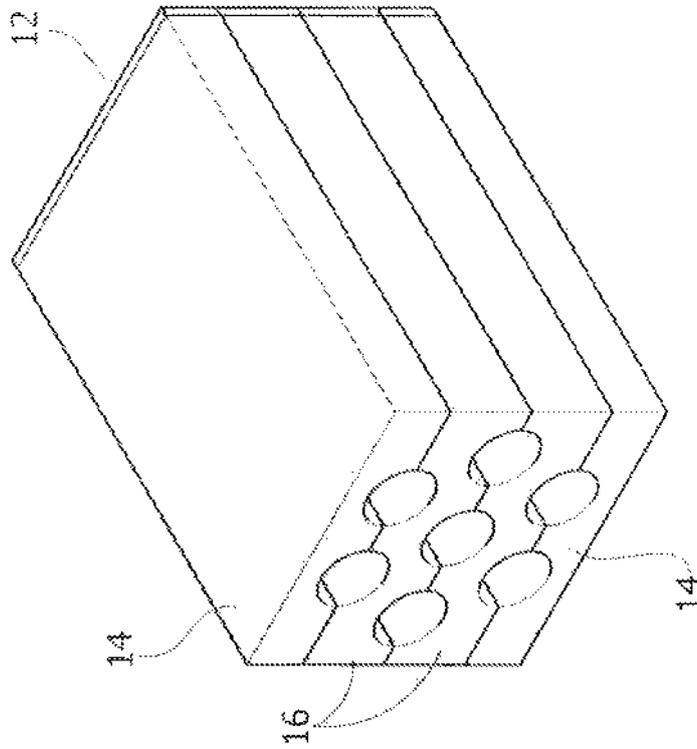


FIG. 4D



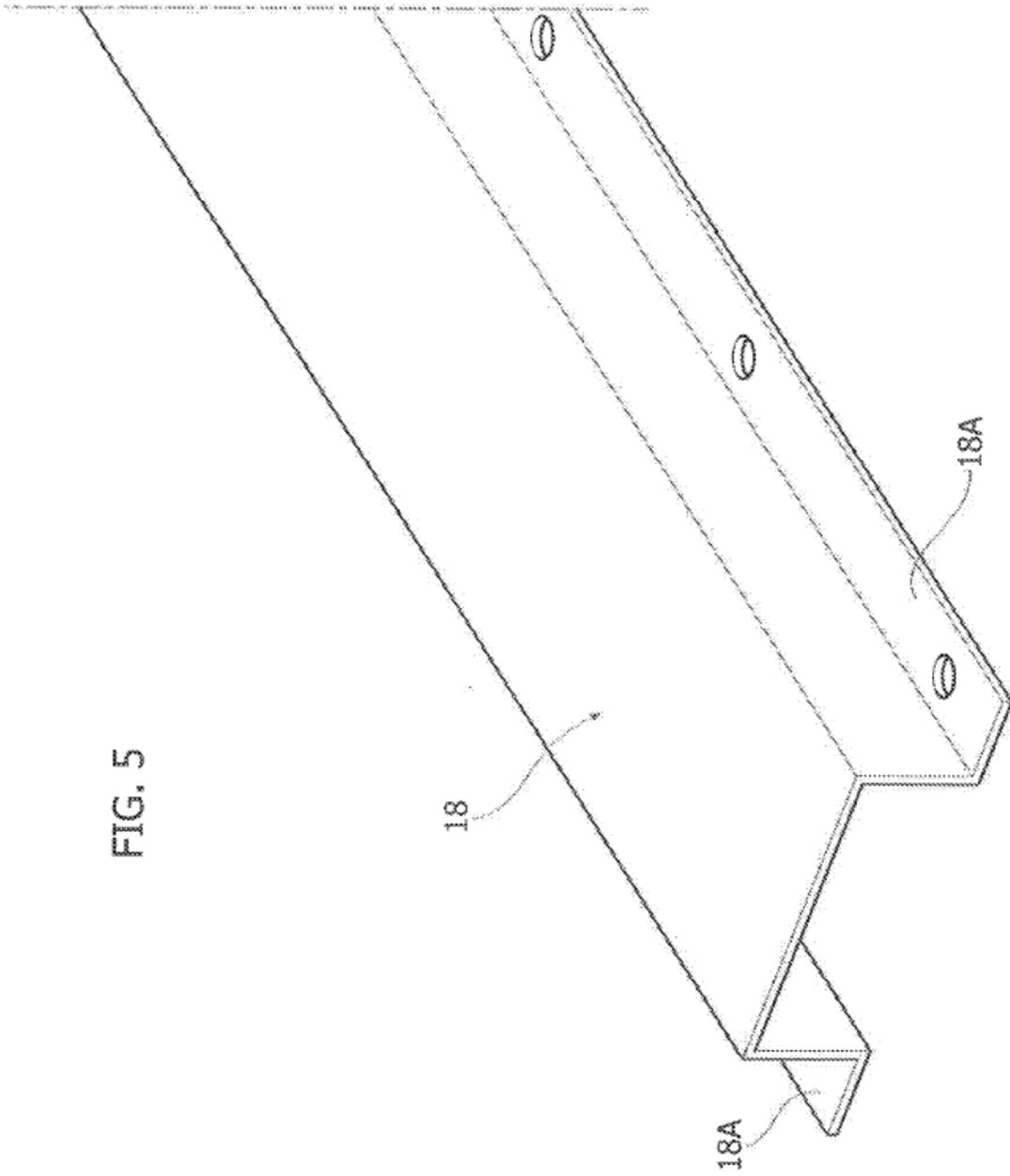


FIG. 6A

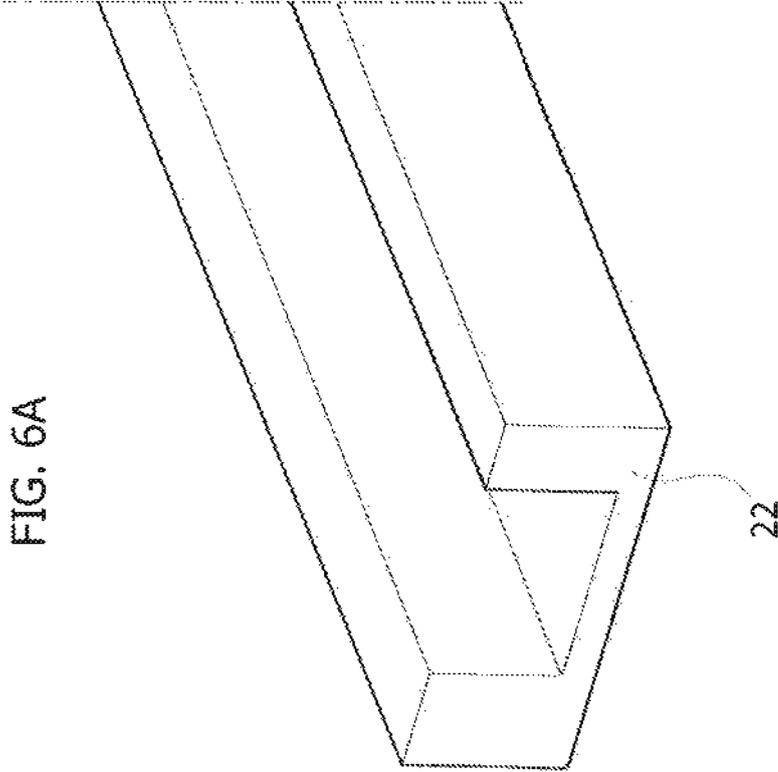


FIG. 6B

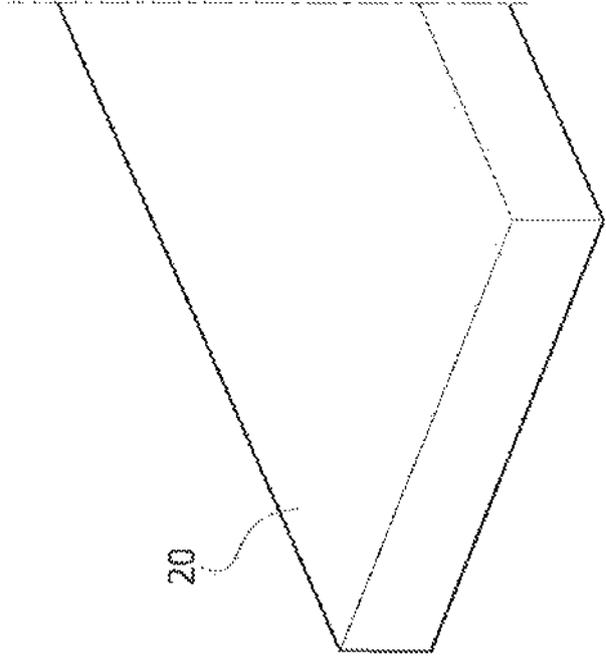
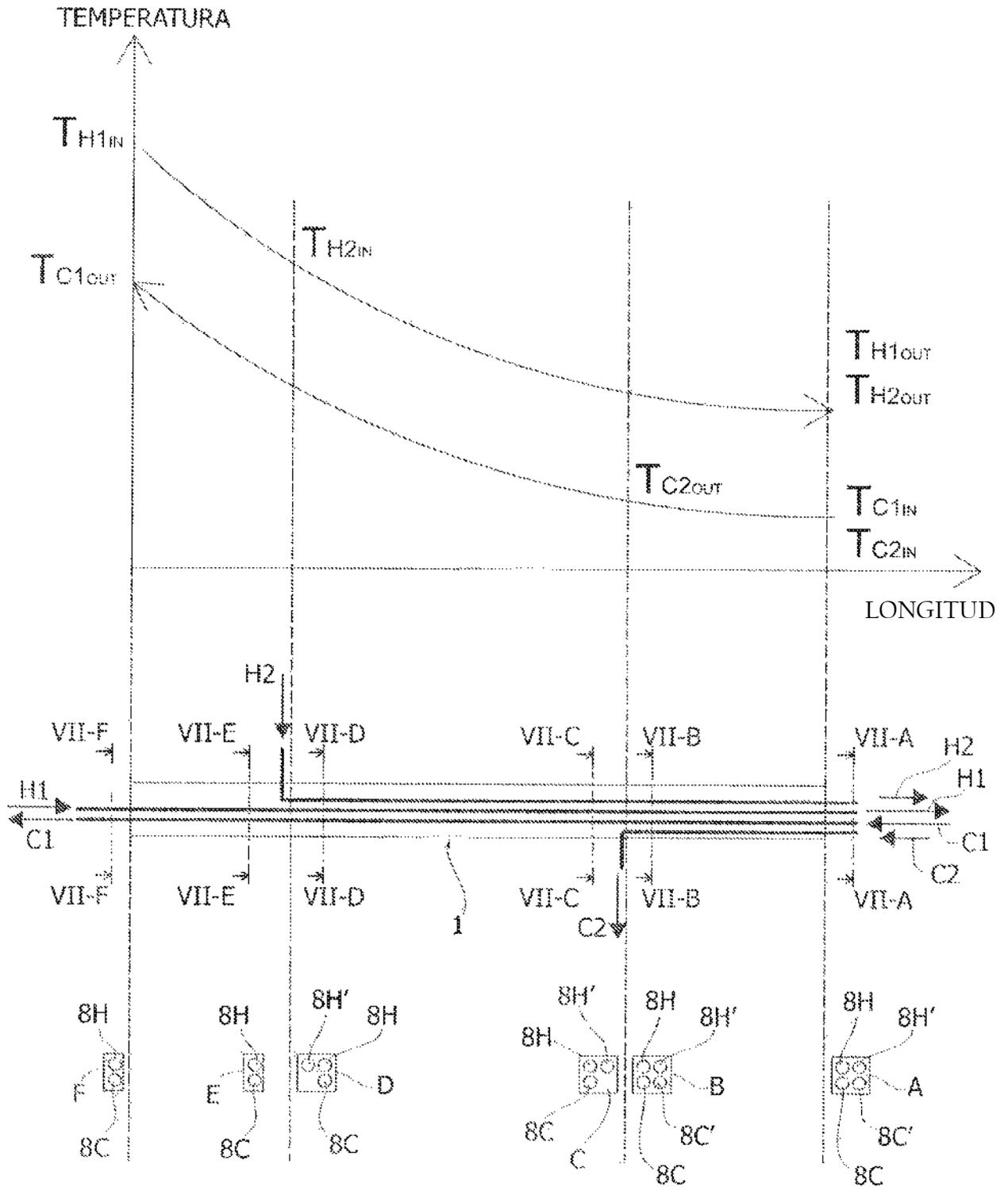


FIG. 7



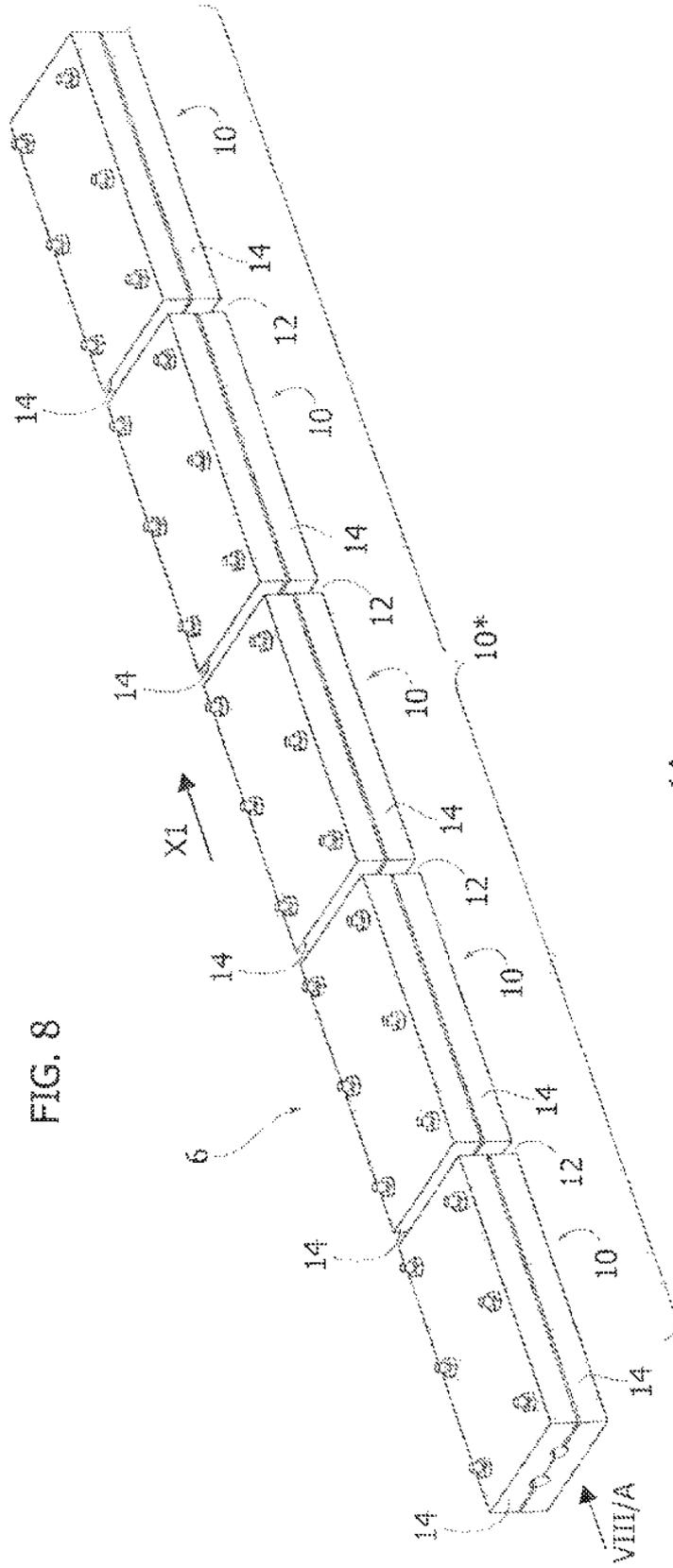


FIG. 8

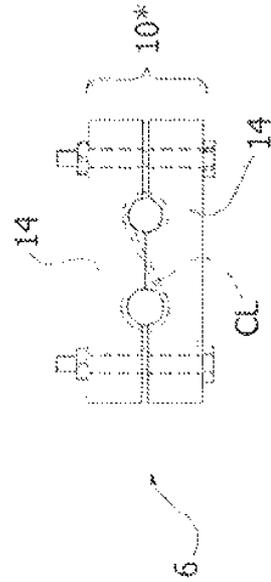


FIG. 8A

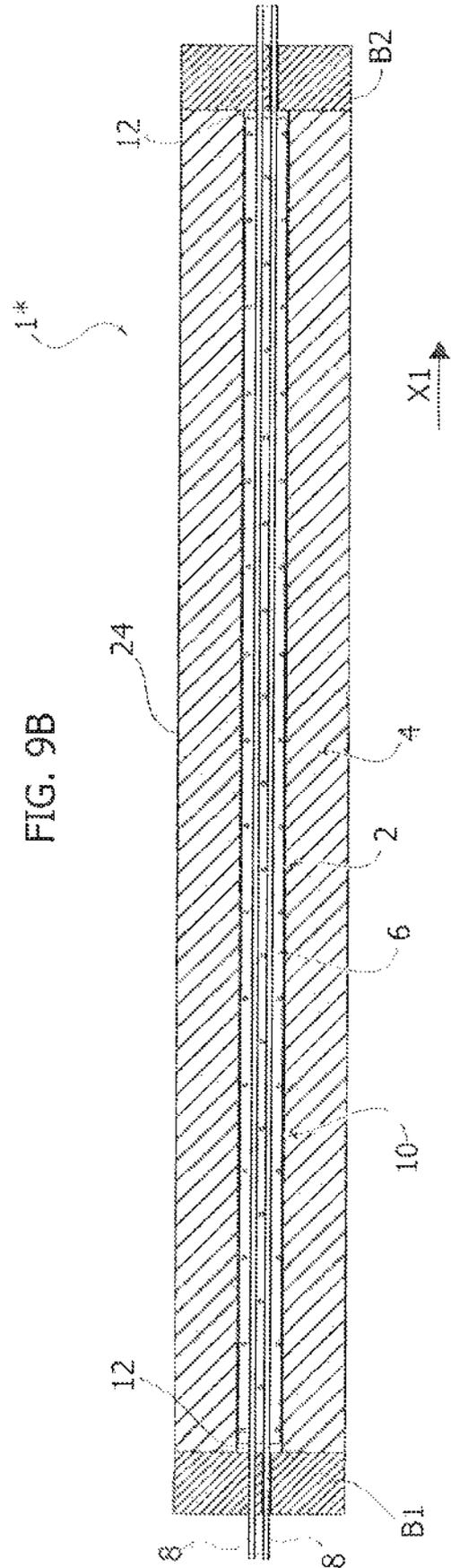
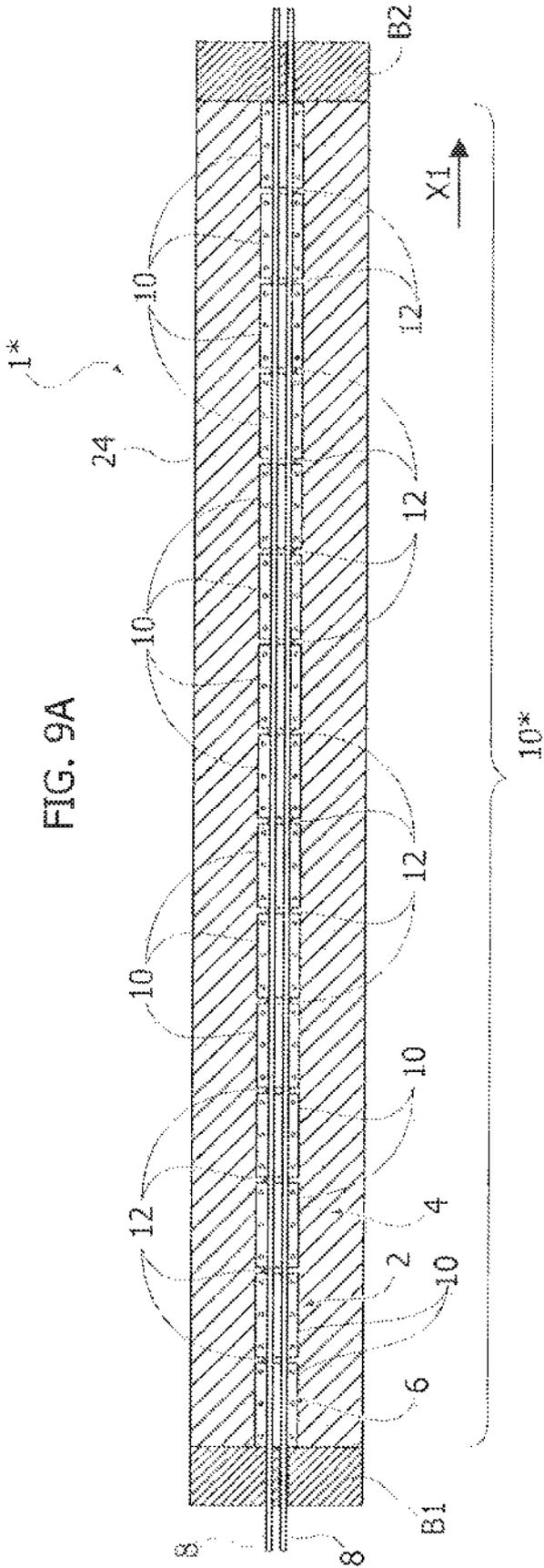
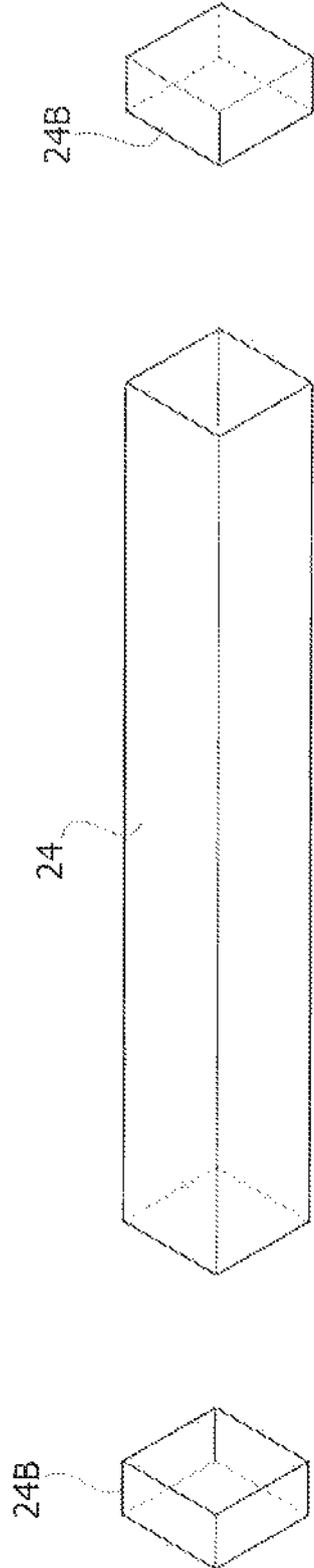


FIG. 9C



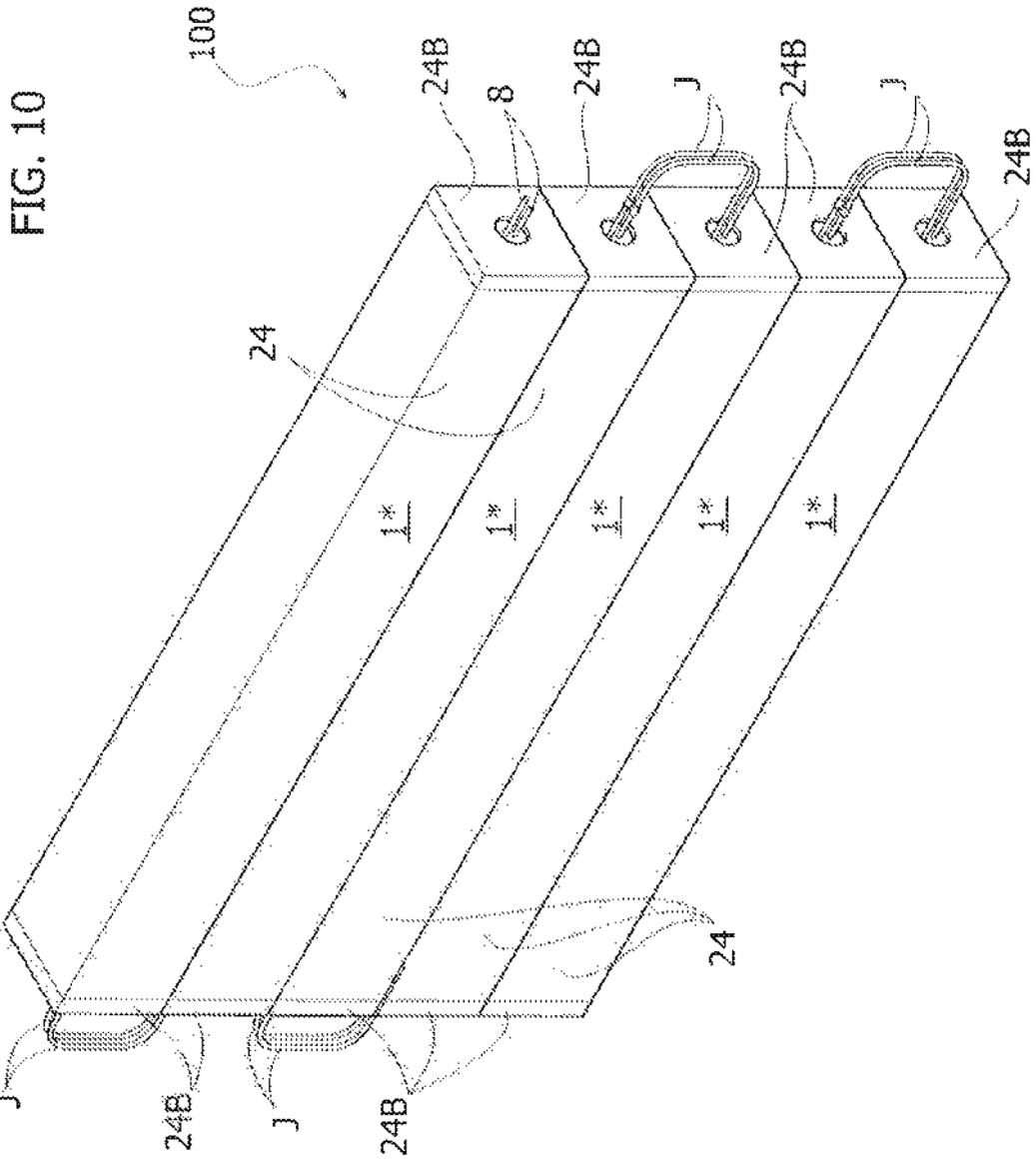


FIG. 11

