

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 999 637**

51 Int. Cl.:

F25J 1/00 (2006.01)

B29C 53/08 (2006.01)

B29C 53/60 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.10.2020 PCT/US2020/054794**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.04.2021 WO21072082**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.10.2020 E 20800402 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.10.2024 EP 4042082**

54 Título: **Sistema de intercambio de calor y método de montaje**

30 Prioridad:

08.10.2019 US 201962912246 P

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

26.02.2025

73 Titular/es:

**HERCULES PROJECT COMPANY LLC (100.00%)
1940 Air Products Boulevard
Allentown, PA 18106-5500, US**

72 Inventor/es:

**VODA, JOSEPH E.;
GARCIA, ADAM R.;
TIEMANN, KEVIN E.;
RANELLA, CHRISTOPHER J. y
DEBRAH, PAUL I.**

74 Agente/Representante:

IZQUIERDO BLANCO, María Alicia

ES 2 999 637 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

Sistema de intercambio de calor y método de montaje

5 CAMPO DE LA INVENCIÓN

[0001] La presente divulgación se refiere en general a intercambiadores de calor y equipos criogénicos y, más particularmente, al montaje de intercambiadores de calor y equipos criogénicos.

10 ANTECEDENTES

[0002] Los métodos convencionales de montaje e instalación de un intercambiador de calor bobinado ("CWHE") requieren mucho tiempo y conducen a un aumento de la duración de fabricación. Según un método típico, la carcasa se apoya en un conjunto de soportes de taller mientras un haz enrollado se introduce telescópicamente en la carcasa que contiene la presión ("carcasa"). Una vez que el haz enrollado se ha introducido en la carcasa, la CWHE se eleva a un vehículo de transporte, donde se sujeta a un conjunto de sillas de transporte y se transporta en posición horizontal. Cuando el CWHE llega al emplazamiento de la planta, se coloca en posición vertical y se construye un bastidor de soporte a su alrededor. El bastidor de soporte incluye elementos estructurales diseñados para proporcionar soporte vertical a la CWHE, así como para tener en cuenta las cargas sísmicas y de viento.

[0003] Los métodos convencionales de montaje de CWHE requieren que las conexiones de tuberías, las conexiones eléctricas, la instrumentación, las plataformas para caminar, etc. se instalen después de que el CWHE se haya erigido en el emplazamiento de la planta y se haya construido al menos parte del bastidor de soporte. Esto da lugar a plazos de construcción relativamente largos y significa que la instalación de estos elementos debe realizarse al aire libre en el emplazamiento de la planta. Además, se utilizan tres conjuntos diferentes de estructuras para sostener la CWHE durante las distintas fases de construcción, y los equipos de elevación deben fijarse directamente al carcasa cuando éste se sube al vehículo de transporte y cuando se monta en el emplazamiento de la planta.

[0004] Existe la necesidad de un método mejorado de montaje e instalación de un CHWE.

[0005] El documento US 2018/0299198 A1 describe un método para la instalación de un aparato de destilación criogénica. El método incluye las etapas de: proporcionar una sección de módulo superior de la estructura que tiene una sección de columna superior dispuesta dentro y fijada a la sección de módulo superior; proporcionar una sección de módulo inferior de la estructura que tiene una sección de columna inferior dispuesta dentro y fijada a la sección de módulo inferior; erigir la sección de módulo inferior desde una posición horizontal a una posición vertical en un lugar de instalación; levantar la sección de módulo superior desde una posición horizontal y fijar la sección de módulo superior, mientras está en posición vertical, a una porción superior de la sección de módulo inferior; bajar la sección de columna superior, independiente de la sección de módulo superior, hacia la sección de columna inferior; y soldar la sección de columna superior y la sección de columna inferior.

40 SUMARIO

[0006] Se proporcionan en el presente documento métodos mejorados para ensamblar un intercambiador de calor y un equipo criogénico.

[0007] Más específicamente, según la presente invención, se proporciona un método de acuerdo con la reivindicación 1. Dicho método comprende las etapas de:

- (a) formar un primer mandril;
- (b) formar un primer haz enrollado en el primer mandril para formar un primer mandril bobinado enrollando el tubo alrededor del primer mandril;
- (c) proporcionar una primera porción de una primera carcasa del intercambiador de calor, teniendo la primera porción una primera cara abierta y un primer eje longitudinal de la carcasa que se extiende paralelo a una dimensión mayor de la primera carcasa del intercambiador de calor;
- (d) fijación de la primera porción de la carcasa del intercambiador de calor a una primera carcasa de módulo con al menos dos miembros de conexión rígidamente unidos a la primera carcasa del intercambiador de calor para formar un primer módulo de intercambio de calor, en el que la primera carcasa de módulo comprende una pluralidad de columnas conectadas por travesaños;
- (e) después de realizar la etapa (d), introducir telescópicamente el primer mandril enrollado en la primera porción de la carcasa del primer intercambiador de calor a través de la primera cara abierta mientras el eje longitudinal de la primera carcasa está en una orientación sustancialmente horizontal;
- (f) tras realizar la etapa e), cerrar la primera cara abierta de la primera carcasa del intercambiador de calor;
- (g) tras realizar la etapa f), transportar el primer módulo de intercambio de calor a un emplazamiento de la planta; y
- (h) tras realizar la etapa g), montar el primer módulo de intercambio de calor en el emplazamiento de la planta con el eje longitudinal de la primera carcasa en una orientación sustancialmente vertical, en la que el primer intercambiador de calor esté suspendido en una posición fija dentro del bastidor del primer módulo por los al menos dos miembros de

conexión.

[0008] Las realizaciones preferidas del método de la invención se definen en las reivindicaciones 2 a 16.

5 **BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

[0009] Las realizaciones se describen en el presente documento haciendo referencia a los dibujos adjuntos.

- 10 Las figuras 1A-1E ilustra un método de montaje de un conjunto intercambiador de calor de carcasa simple según una o más realizaciones;
- Las figuras 2A-2C ilustra un método de montaje de un conjunto intercambiador de calor de carcasa múltiple según una o más realizaciones;
- Las figuras 3A-3D ilustra un método de montaje de un conjunto intercambiador de calor de carcasa múltiple según una o más realizaciones;
- 15 La figura 4A es una vista isométrica de un CWHE instalado en un emplazamiento de la planta;
- La figura 4B es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea B-B en la figura 4A;
- La figura 4C es una vista en sección transversal de la misma tomada a lo largo de la sección C-C de la figura 4B.
- La figura 4D es una vista isométrica parcial del área C-C de la figura 4B.
- La figura 4E es una vista parcial ampliada de área E-E de la figura 4D;
- 20 La figura 4F es una vista isométrica parcial del área E-E de la figura 4D;
- La figura 4G es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea G-G en la figura 4B;
- La figura 4H es una vista isométrica parcial del área G-G de la figura 4B.
- La figura 5 es un diagrama de bloques de un sistema ejemplar de licuefacción de gas natural, con el que el conjunto intercambiador de calor que podría ser utilizado de acuerdo con una o más realizaciones; y
- 25 La figura 6 es un diagrama de flujo que muestra las etapas de un método ejemplar descrito en el presente documento.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

30 [0010] A continuación, se exponen detalles para proporcionar una explicación más completa de las realizaciones ejemplares. Los expertos en la técnica entenderán, sin embargo, que se pueden practicar diversas realizaciones sin estos detalles específicos. En otros casos, las estructuras y dispositivos conocidos se muestran en forma de diagrama de bloques o en una vista esquemática en lugar de en detalle para evitar oscurecer las realizaciones. Además, las características de las diferentes realizaciones descritas a continuación pueden combinarse entre sí, a menos que se indique específicamente lo contrario.

35 [0011] Además, elementos equivalentes o similares o elementos con funcionalidad equivalente o similar se denotan en la siguiente descripción con números de referencia equivalentes o similares. Dado que en las figuras se dan los mismos números de referencia a elementos iguales o funcionalmente equivalentes, puede omitirse la descripción repetida de elementos provistos de los mismos números de referencia. Por lo tanto, las descripciones proporcionadas para los elementos que tienen los mismos números de referencia o similares son mutuamente intercambiables.

40 [0012] La siguiente descripción detallada no debe tomarse en un sentido limitativo. A este respecto, puede utilizarse terminología direccional, como "superior", "inferior", "abajo", "sobre", "bajo", "arriba", "delante", "detrás", "atrás", "anterior", "posterior", "horizontal", "vertical", etc., con referencia a la orientación de las figuras que se describen. Los términos "hacia dentro" frente a "hacia fuera", "longitudinal" frente a "lateral" y similares deben interpretarse entre sí o en relación con un eje de alargamiento, o un eje o centro de rotación, según proceda. Dado que las partes de las realizaciones pueden colocarse en diferentes orientaciones, la terminología direccional se utiliza con fines ilustrativos y no limitativos. Se entiende que pueden utilizarse otras realizaciones y que pueden introducirse cambios estructurales o lógicos sin apartarse del ámbito de la invención.

45 [0013] Los términos relativos a fijaciones, acoplamientos y similares, tales como "conectado" e "interconectado", se refieren a una relación en la que las estructuras están fijadas o unidas entre sí directa o indirectamente a través de estructuras intermedias, así como a fijaciones o relaciones tanto móviles como rígidas, a menos que se describa expresamente lo contrario, e incluye términos tales como "directamente" acoplado, asegurado, etc. El término "acoplado operativamente" se refiere a una fijación, acoplamiento o conexión que permite que las estructuras pertinentes funcionen según lo previsto en virtud de dicha relación.

50 [0014] El término "sustancialmente" puede utilizarse en el presente documento para dar cuenta de tolerancias de fabricación (por ejemplo, dentro del 5 %) que se consideran aceptables en la industria sin apartarse de los aspectos de las realizaciones descritas en el presente documento. En el contexto de una orientación, el término "sustancialmente" significa dentro de los 5 grados de esa orientación. Por ejemplo, "sustancialmente vertical" significa dentro de los 5 grados en cualquier dirección de la vertical.

55 [0015] Tal como se utiliza en el presente documento, el término "orientación", en referencia a una orientación de una estructura, pretende significar que la orientación de la estructura está definida por la dimensión más larga de la estructura.

- 5 **[0016]** El término "comunicación de flujo de fluido", tal como se utiliza en la memoria descriptiva y en las reivindicaciones, se refiere a la naturaleza de la conectividad entre dos o más componentes que permite transportar líquidos, vapores y/o mezclas bifásicas entre los componentes de forma controlada (es decir, sin fugas) directa o indirectamente. El acoplamiento de dos o más componentes de forma que estén en comunicación de flujo de fluido entre sí puede implicar cualquier método adecuado conocido en la técnica, como el uso de soldaduras, conductos con bridas, juntas y pernos. Dos o más componentes también pueden estar acoplados entre sí a través de otros componentes del sistema que pueden separarlos, por ejemplo, válvulas, compuertas u otros dispositivos que pueden restringir o dirigir selectivamente el flujo de fluido.
- 10 **[0017]** El término "conducto", tal como se utiliza en la memoria descriptiva y en las reivindicaciones, se refiere a una o más estructuras a través de las cuales pueden transportarse fluidos entre dos o más componentes de un sistema. Por ejemplo, los conductos pueden incluir tuberías, conductos, pasadizos y combinaciones de estos que transportan líquidos, vapores y/o gases.
- 15 **[0018]** El término "gas natural", tal como se utiliza en la memoria descriptiva y en las reivindicaciones, significa una mezcla de gas hidrocarburo que consiste principalmente en metano.
- [0019]** El término "refrigerante mezclado" (abreviado como "MR"), tal como se utiliza en la memoria descriptiva y en las reivindicaciones, significa un fluido que comprende al menos dos hidrocarburos y para el cual los hidrocarburos comprenden al menos el 80 % de la composición global del refrigerante.
- 20 **[0020]** Los términos "haz" y "haz de tubos" se utilizan indistintamente dentro de esta solicitud y pretenden ser sinónimos.
- [0021]** El término "circuito de compresión" se utiliza en el presente documento para referirse a los componentes y conductos en comunicación fluida entre sí y dispuestos en serie (en lo sucesivo, "comunicación de flujo de fluido en serie"), comenzando aguas arriba del primer compresor o etapa de compresión y terminando aguas abajo del último compresor o etapa de compresión. El término "secuencia de compresión" se refiere a las etapas realizadas por los componentes y conductos que conforman el circuito de compresión asociado.
- 25 **[0022]** Tal como se utiliza en el presente documento, el término "orientación vertical" pretende significar que la dimensión más larga de una estructura está orientada verticalmente.
- [0023]** Tal como se utiliza en el presente documento, el término "orientación horizontal" pretende significar que la dimensión más larga de una estructura está orientada horizontalmente.
- 30 **[0024]** Tal como se utiliza en el presente documento, el término "unido rígidamente" pretende significar que una estructura está acoplada mecánicamente a la otra estructura de una manera que impide cualquier movimiento entre las dos estructuras, tal como atornillado o soldado. A menos que se especifique lo contrario, se considera que un primer elemento está "rígidamente unido" a un segundo elemento incluso si la unión es indirecta (es decir, hay elementos adicionales situados entre el primer y el segundo elemento).
- 35 **[0025]** Tal como se utiliza en el presente documento, el término "temperatura ambiente" se refiere a la temperatura del aire del entorno que rodea al equipo.
- 40 **[0026]** Las figuras 1A-1E y las figuras 6 ilustran un método ejemplar de montaje de un módulo de intercambio de calor de carcasa simple 100 (figura 1D). En esta realización, el módulo de intercambio de calor 100 comprende un intercambiador de calor bobinado (CWHE). Los CWHE se emplean a menudo para la licuefacción de gas natural. Los CWHE suelen contener haces de tubos enrollados helicoidalmente dentro de una carcasa de aluminio o acero inoxidable que forma un recipiente a presión. Para el servicio de gas natural licuado (LNG), un CWHE puede incluir múltiples haces de tubos, cada uno con varios circuitos de tubos. La refrigeración puede proporcionarse utilizando una variedad de refrigerantes, por ejemplo, una corriente de refrigerante mixto (MR) con una mezcla de nitrógeno, metano, etano/etileno, propano, butanos y pentanos es un refrigerante comúnmente utilizado en muchas plantas de LNG de carga base. El ciclo de refrigeración empleado para la licuefacción de gas natural puede ser un ciclo en cascada, un ciclo de refrigerante mixto simple (SMR), un ciclo de refrigerante mixto enfriado previamente con propano (C3MR), un ciclo de refrigerante mixto doble (DMR), ciclos expansores de nitrógeno o metano, o cualquier otro proceso de refrigeración apropiado. La composición de la corriente MR se optimiza para la composición del gas de alimentación y las condiciones de funcionamiento. Situado en la parte superior de cada haz de tubos dentro de la carcasa hay un conjunto distribuidor que distribuye el refrigerante sobre el haz de tubos en el espacio entre la carcasa y el mandril, lo que proporciona refrigeración a los fluidos que fluyen a través de los haces de tubos. Un ejemplo de conjunto distribuidor se divulga en la publicación estadounidense n.º 2016/0209118.
- 45 **[0027]** Las figuras 1A-D ilustran un primer método ejemplar de montaje de un módulo de intercambio de calor 100 que comprende un CWHE que tiene dos mandriles bobinados 114, 124. Para formar cada mandril bobinado, 114, 124, el tubo 112 se enrolla en espiral alrededor de un mandril 110. En la mayoría de las aplicaciones, se enrollarán múltiples circuitos de tubería alrededor del mandril 110. Cada mandril bobinado 114 tiene entradas situadas en o próximas a un primer extremo 110a del mandril 110 y salidas situadas en o próximas a un segundo extremo 110b del mandril 110.
- 50 **[0027]** Las figuras 1A-D ilustran un primer método ejemplar de montaje de un módulo de intercambio de calor 100 que comprende un CWHE que tiene dos mandriles bobinados 114, 124. Para formar cada mandril bobinado, 114, 124, el tubo 112 se enrolla en espiral alrededor de un mandril 110. En la mayoría de las aplicaciones, se enrollarán múltiples circuitos de tubería alrededor del mandril 110. Cada mandril bobinado 114 tiene entradas situadas en o próximas a un primer extremo 110a del mandril 110 y salidas situadas en o próximas a un segundo extremo 110b del mandril 110.
- 55 **[0027]** Las figuras 1A-D ilustran un primer método ejemplar de montaje de un módulo de intercambio de calor 100 que comprende un CWHE que tiene dos mandriles bobinados 114, 124. Para formar cada mandril bobinado, 114, 124, el tubo 112 se enrolla en espiral alrededor de un mandril 110. En la mayoría de las aplicaciones, se enrollarán múltiples circuitos de tubería alrededor del mandril 110. Cada mandril bobinado 114 tiene entradas situadas en o próximas a un primer extremo 110a del mandril 110 y salidas situadas en o próximas a un segundo extremo 110b del mandril 110.
- 60 **[0027]** Las figuras 1A-D ilustran un primer método ejemplar de montaje de un módulo de intercambio de calor 100 que comprende un CWHE que tiene dos mandriles bobinados 114, 124. Para formar cada mandril bobinado, 114, 124, el tubo 112 se enrolla en espiral alrededor de un mandril 110. En la mayoría de las aplicaciones, se enrollarán múltiples circuitos de tubería alrededor del mandril 110. Cada mandril bobinado 114 tiene entradas situadas en o próximas a un primer extremo 110a del mandril 110 y salidas situadas en o próximas a un segundo extremo 110b del mandril 110.
- 65 **[0027]** Las figuras 1A-D ilustran un primer método ejemplar de montaje de un módulo de intercambio de calor 100 que comprende un CWHE que tiene dos mandriles bobinados 114, 124. Para formar cada mandril bobinado, 114, 124, el tubo 112 se enrolla en espiral alrededor de un mandril 110. En la mayoría de las aplicaciones, se enrollarán múltiples circuitos de tubería alrededor del mandril 110. Cada mandril bobinado 114 tiene entradas situadas en o próximas a un primer extremo 110a del mandril 110 y salidas situadas en o próximas a un segundo extremo 110b del mandril 110.

[0028] Como se muestra en la figura 1B, se fijan dos soportes 136a, 136b a una primera porción (inferior) 131 de la carcasa del recipiente a presión ("carcasa"), luego se desplaza de manera telescópica (es decir, se inserta) el primer mandril bobinado 114 en la primera porción 131 de la carcasa a través de un extremo superior abierto de la primera porción 131 a lo largo de un eje longitudinal L de la porción inferior 131. Del mismo modo, como se muestra en la figura 1C, dos soportes 136c y 136d fijadas a una segunda porción (superior) 134 de la carcasa, entonces el segundo mandril 124 bobinado se introduce telescópicamente en la segunda porción 134. Después de que ambos mandriles bobinados 114, 124 han sido insertados en la primera y segunda porciones 131, 134 de la carcasa, respectivamente, la primera y segunda porciones 131, 134 se unen para formar la carcasa del recipiente a presión 132 (Ver figura 1D). Después de que la carcasa 132 está completamente formada y cerrada, se transporta a un emplazamiento de la planta en una orientación horizontal (la orientación mostrada en la figura 1D). Al llegar al emplazamiento de la planta y como se muestra en la figura 1E, el módulo de intercambio de calor 100 se coloca en posición vertical y se completa la instalación.

[0029] En esta realización ejemplar, no se muestra la estructura de bastidor del módulo que soporta el módulo de intercambio de calor 100 en el emplazamiento de la planta. La carcasa del módulo se ensambla y fija a la primera y segunda porciones 131, 134 de la carcasa 130 antes del desplazamiento telescópico de los mandriles bobinados 114, 124.

[0030] Una mejora clave del método de montaje descrito en relación con el módulo de intercambio de calor 100 mostrado en las figuras 1A-E es que los soportes 136a-136d están unidos a cada porción 131, 134 de la carcasa 132 antes de enrollar telescópicamente el mandril 114, 124 en cada porción, que esos soportes 136a-136d nunca se retiran de la carcasa 132, y que los soportes 136a-136d están unidos al bastidor del módulo cuando se instala. En otras palabras, los soportes 136a-d que se usan para sostener las porciones 131, 134 de la carcasa 132 durante el desplazamiento telescópico siguen siendo parte del soporte estructural del CWHE durante todo el proceso de construcción e instalación, así como cuando se opera el CWHE. Por consiguiente, los soportes 136a-136d están adaptados para proporcionar apoyo al CWHE durante el transporte (cuando está en una orientación horizontal) y después de que el CWHE se haya erigido e instalado en el emplazamiento de la planta (en el que el CWHE está en una orientación vertical). Esto contrasta con los métodos de montaje convencionales, en los que se utilizan tres juegos diferentes de soportes en las fases de desplazamiento telescópico, transporte e instalación final.

[0031] Como se muestra en las figuras 1B y 1C, los soportes 136a están configurados para soportar cargas horizontales y verticales de la carcasa 130 del CWHE. Con este fin, cada uno de los soportes 136a-136b incluye una porción de bastidor (véanse las porciones de bastidor 137a, 137b) que se enmarca alrededor (es decir, rodea completamente) la carcasa 132 y una porción de base (véanse las porciones de base 138a, 138b) que hace contacto con una superficie de soporte de carga (por ejemplo, una plataforma, el suelo y/o el bastidor de un módulo) y soporta cargas horizontales y verticales cuando la carcasa 132 está en una orientación horizontal.

[0032] El uso de un único juego de soportes a lo largo de las etapas de montaje, transporte e instalación en el emplazamiento proporciona varias ventajas. Por ejemplo, el aislamiento puede instalarse en la carcasa 132 antes del transporte del CWHE al emplazamiento de la planta, ya que no se verá alterado por la retirada e instalación de diferentes soportes y la conexión adicional al bastidor del módulo.

[0033] Las figuras 2A-2C ilustran el método de montaje ejemplar en un módulo de intercambio de calor 200 que tiene una configuración diferente. Esta realización ejemplar es muy similar al método descrito en las figuras 1A-1E, siendo la principal diferencia que, en esta realización ejemplar, el CWHE tiene dos carcasas separadas (recipientes a presión) 230, 240, cada una de las cuales contiene un mandril bobinado 214. En esta realización, los mandriles bobinados se forman como se muestra en la figura 1A. Como se muestra en la figura 2A, dos soportes 236a, 236b se fijan a la primera carcasa 230, luego el primer mandril bobinado 210,214 se introduce telescópicamente en la primera carcasa 230 a través de un extremo superior/cara abierta. Cuando el desplazamiento telescópico se ha completado, el extremo superior de la carcasa 230 está sellado por, como se muestra en la figura 2B. El proceso se repite para la segunda carcasa 240. Las carcasas montadas 230, 240 se transportan al emplazamiento de la planta de la misma manera que la carcasa 130 y como se muestra en la figura 1D. Al llegar al emplazamiento de la planta y como se muestra en la figura 2C, cada una de las carcasas 230, 240 se erigen en una orientación vertical. Dos soportes 236c, 236d están fijados a la segunda carcasa 240.

[0034] En este método ejemplar, no se muestra la estructura de bastidor de módulo que soporta las carcasas CWHE 230, 240 en el emplazamiento de la planta. El bastidor del módulo se ensambla y fija a las carcasas 230, 240 antes del desplazamiento telescópico de los mandriles bobinados. Con referencia a la figura 2C, ya que el CWHE consta de dos carcasas 230, 240, la segunda carcasa 240 está situada encima de la primera 230. En consecuencia, el bastidor del módulo de la segunda carcasa 240 se fija preferentemente a la parte superior del bastidor del módulo de la primera carcasa 230. Una vez instaladas las carcasas 230, 240 en el emplazamiento de la planta, se instalan las tuberías externas 254a-b que interconectan las carcasas 230, 240.

[0035] Las figuras 3A-3D ilustran otro método ejemplar de montaje de un módulo de intercambio de calor 300 que tiene un CWHE de carcasa múltiple. En esta realización, las etapas del proceso de montaje son casi idénticos a los de la realización mostrada en las figuras 2A-2C, excepto que los bastidores de los módulos 360a-b se construyen y conectan a los soportes 338a-b antes de introducir telescópicamente los mandriles bobinados 310, 320 en las respectivas carcasas

330, 340 (véanse las figuras 3A-C). La construcción del bastidor del módulo 360a y la conexión de los soportes 338a-b al bastidor del módulo 360a antes del desplazamiento telescópico permite que las tuberías externas 354a-c, los soportes de tuberías, las válvulas, los peldaños, las escaleras, las plataformas de pie y el aislamiento se instalen antes del transporte de las carcasas 330, 340 al emplazamiento de la planta, ya que el bastidor del módulo 360a protege la carcasa 330 y proporciona puntos de fijación para los elementos que se están instalando. En esta realización, el bastidor del módulo 360a, la carcasa totalmente formada 330 y los soportes 336a-b forman un módulo de intercambio de calor 366a. Un segundo módulo de intercambio de calor 366b se forma siguiendo las mismas etapas que el módulo de intercambio de calor 366a.

[0036] La instalación en el emplazamiento de la planta se simplifica aún más con este método. El primer módulo de intercambio de calor 366a se coloca en posición vertical y el bastidor del primer módulo se fija a una plataforma 361 en el emplazamiento de la planta (normalmente una plataforma de hormigón). A continuación, el segundo módulo de intercambio de calor 366b se coloca en posición vertical y el segundo bastidor del módulo 366b se monta en la parte superior del primer bastidor del módulo 366a. Una vez instaladas las carcasas 230, 240 en el emplazamiento de la planta, se instalan las tuberías externas 354d-e y las conexiones eléctricas (no mostradas) que interconectan las carcasas 330, 340.

[0037] La figura 3C ilustra otro método ejemplar para formar un módulo de intercambio de calor 300. En esta realización en la que el módulo de intercambio de calor de carcasa múltiple 300 incluye dos recipientes a presión (carcasas) 330, 340, se fabrican un primer bastidor de módulo 360a y un segundo bastidor de módulo 360b. Cada bastidor de módulo 360 incluye una pluralidad de vigas 362 y cerchas 364 para aumentar la resistencia general de la estructura. La pluralidad de vigas 362 definen un volumen de bastidor del bastidor del módulo 360. Las cerchas 364, si se incluyen, también pueden definir el volumen de la carcasa ya que no se extienden más allá del volumen de la carcasa definido por las vigas 362. De este modo, la carcasa de cada bastidor de módulo 360 forma un bastidor rectangular con una cavidad (es decir, un volumen de bastidor) configurado para recibir un recipiente a presión correspondiente. En otras palabras, cada bastidor de módulo 360 sirve de exoesqueleto para su recipiente a presión. Para cada recipiente a presión pueden fabricarse en paralelo varios bastidores de módulos y módulos de soporte.

[0038] Como se describirá a continuación, los primer y segundo bastidores de módulo 360a, 360b están configurados para conectarse rígidamente a una correspondiente de las primera y segunda carcasas 330, 340, formando así un primer módulo de intercambio de calor. En esta realización, la pluralidad de vigas 362 están dimensionadas y dispuestas de tal manera que ninguna parte de la carcasa del recipiente a presión se extiende hacia el exterior más allá del volumen del bastidor. En algunas realizaciones, un recipiente a presión, incluidas las tuberías y el cableado externos, está confinado dentro del volumen del bastidor, mientras que en otras realizaciones, algunas tuberías y cableado eternos pueden extenderse más allá del volumen del bastidor. De este modo, el propio bastidor del módulo 360 es una envolvente de bastidor configurada para encerrar en ella un recipiente a presión, de modo que el bastidor del módulo 360 define un límite exterior en cada dimensión de la correspondiente envolvente del recipiente a presión. En otras palabras, como mínimo, la carcasa del recipiente a presión correspondiente no se extiende más allá del bastidor del módulo 360 en ninguna dimensión. En realizaciones alternativas, puede ser deseable que la carcasa sobresalga de la parte superior del bastidor del módulo para facilitar las conexiones con otros elementos de la planta.

[0039] Además, cada una de la primera y segunda carcasas 330, 340 está suspendida dentro del volumen de bastidor de su bastidor de módulo correspondiente, de tal manera que el recipiente a presión está soportado por el bastidor de módulo tanto cuando está en una orientación horizontal como en una orientación vertical. Además, cada soporte 136 está unido rígidamente a su correspondiente bastidor de módulo 360 (véase, por ejemplo, la figura 3D). Además, cuando el haz enrollado 314 se introduce telescópicamente en la carcasa 330, puede ser conveniente tirar del haz enrollado 314 a través de la carcasa 330 utilizando cables que se extienden a través de una abertura en el extremo inferior de la carcasa 330.

[0040] Otra realización ejemplar se muestra en las figuras 4A-4H. En esta realización, las estructuras ejemplares usadas para ejecutar los métodos de montaje revelados en las figuras 1A-3D se divulgan en mayor detalle. Las figuras 4A-B muestran un CWHE completamente montado, que consta de dos módulos de intercambio de calor 466a, 466b. Cada módulo de intercambio de calor 466a, 466b comprende una carcasa 430, 440, un bastidor de módulo 460a, 460b, dos soportes 436a-d, y una orejeta 441a, 441b. Como se describirá en el presente documento, los soportes 436a-d, y las orejetas 441a, 441b conectan las carcasas 430, 440 a sus respectivos bastidores de módulo 466a, 466b y están adaptados para acomodar múltiples tipos de cargas a lo largo del proceso de montaje y durante el funcionamiento. La estructura del segundo módulo de intercambio de calor 466b se describirá en detalle en el presente documento. La estructura descrita es de naturaleza casi idéntica en el primer módulo de intercambio de calor 466a, entendiendo que algunas dimensiones pueden ser diferentes debido principalmente a que las carcasas 430, 440 tienen dimensiones diferentes.

[0041] Uno de los soportes 436d se muestra en las figuras 4C-E. Debe entenderse que el otro soporte 436c del módulo de intercambio de calor superior 466b y los soportes 436a-b del módulo de intercambio de calor inferior 466a tienen los mismos elementos estructurales y sólo difieren en dimensiones/proporciones y ubicación. Por ejemplo, los soportes 436a-b tendrán mayores dimensiones debido a la mayor circunferencia de la carcasa 430. El soporte 436d incluye una porción de carcasa 437 que rodea la carcasa 440. El soporte 436d incluye además unas placas de junta deslizante 438a-b que engranan unas juntas deslizantes 467a-d y conectan el soporte 436d con un travesaño 462 del bastidor del módulo 466d. Opcionalmente, se puede proporcionar una placa base 438 en la conexión con el travesaño 462 para proporcionar una

resistencia estructural adicional.

[0042] El soporte 436d incluye además una placa contorneada 472, que es arqueada y de forma complementaria a la superficie exterior de la carcasa 440 a lo largo de una interfaz. Preferentemente, la interfaz se solapa con al menos un cuarto y, más preferentemente, con al menos un tercio de la circunferencia de la carcasa 440. El soporte 436d incluye además una pluralidad de nervaduras 439, que se extienden linealmente desde la placa base 438, se sueldan a las placas de junta deslizante 443a-b, y luego continúan hasta la placa de contorno 472 en una dirección perpendicular a la placa base 438. El soporte 436d se fija rígidamente a la carcasa 340, ya sea con soldaduras o sujetadores.

[0043] Cada una de las juntas deslizantes 467a-d incluye una pluralidad de pernos 468 (en esta realización, dos pernos por junta deslizante), que se extienden a través de ranuras 469 formadas en las placas de junta deslizante 445a-b. Cada ranura 469 tiene una longitud que es significativamente mayor que el diámetro del perno 468 que encaja en esa ranura 469. La longitud de la ranura 469 es preferentemente al menos 1,5 veces (más preferentemente al menos dos veces) el diámetro del perno 468. Alternativamente, se podría formar una ranura alargada 469 en una de las placas de junta deslizante 445a-b y se podrían proporcionar orificios que estén mucho más cerca del diámetro de los pernos 468. Las placas de unión 445a-b, las ranuras 469 y los pernos 468 se combinan para definir un bloque de cizallamiento. La configuración de las juntas deslizantes 436a-d permite que el soporte 436d se mueva con respecto al bastidor del módulo 466b en una dirección paralela a la longitud de la carcasa 430, pero impide cualquier otro movimiento sustancial del soporte 436d con respecto al bastidor del módulo 466b. El movimiento permitido por las ranuras 469 es preferentemente suficiente para acomodar la contracción térmica y la expansión de la carcasa 440 que se espera que ocurra cuando la carcasa 440 es la transición a la temperatura de funcionamiento.

[0044] Las figuras 4G-H muestran la estructura de la orejeta 441b en detalle. La orejeta 441b comprende travesaños 442a-d y largueros 443a-d que "encajonan" la carcasa 440. Los largueros 443a-d están soldados cada uno a dos travesaños 442a-d y están soldados o atornillados a la carcasa 440. Los travesaños 442a-d también están preferentemente soldados o atornillados al bastidor del módulo. Esta estructura sujeta rígidamente la orejeta 441b tanto a la carcasa 440 como al bastidor del módulo 460b.

[0045] La orejeta 441b y los dos soportes 436c-d fijan la carcasa 440 al bastidor 460b del módulo y cooperan para acomodar múltiples tipos diferentes de cargas durante el montaje, el transporte y el funcionamiento del módulo 400 de intercambio de calor. Cuando la carcasa 440 está siendo montada y transportada (ver carcasa 330, figuras 3B-C), los soportes 436c-d proporcionan el soporte primario y la estabilidad de la carcasa 440. Cuando la carcasa 440 se instala en orientación vertical en el emplazamiento de la planta (véase figura 4A), la orejeta 441b proporciona el soporte vertical primario. Los soportes 436c-d cooperan con la orejeta 441b para proporcionar soporte contra cargas de viento y sísmicas. Las juntas de deslizamiento 467a-d y la posición de cada soporte 436c-d permiten la expansión térmica de la carcasa 440.

[0046] La ubicación preferida de la orejeta 441b y los soportes 436c-d dependerá de una serie de factores, incluyendo la geometría de la carcasa 440, su posición en el bastidor del módulo 460b, y la ubicación de las protuberancias de tubería en la superficie de la carcasa 440. En general, es preferible que la lengüeta 441b esté situada dentro del 5 % (más preferentemente dentro del 2 %) del centro de masa de la carcasa 440. El asiento inferior 436c está situado entre la lengüeta 441b y el extremo inferior de la carcasa 440 y está preferentemente dentro del 5 % (más preferentemente dentro del 2 %) del punto medio entre la ubicación de la lengüeta 441b y el extremo inferior de la carcasa 440. El soporte superior 436c está situada entre la orejeta 441b y el extremo superior de la carcasa 440 y está preferentemente dentro del 5 % (más preferentemente dentro del 2 %) del punto medio entre la ubicación de la orejeta 441b y el extremo superior de la carcasa 440. A modo de ejemplo, si la carcasa 440 tiene una longitud de 10 metros y un centro de masa en su punto medio, la orejeta 441b se situaría preferentemente a 0,5 metros, y más preferentemente a 0,2 metros, del punto medio.

[0047] Como se ha señalado en las realizaciones anteriores, cada carcasa 430, 440 está contenida dentro de un perímetro definido por los travesaños 462a-d (véase la figura 4D) del bastidor del módulo 466a-b. Esto proporciona protección a las carcasas 430,440 durante la construcción y el transporte. Debe entenderse que una carcasa 430, 440 puede extenderse más allá de un extremo del módulo de bastidor 466a-b, tal en la parte superior de la carcasa 430, que se extiende más allá del extremo superior de su módulo de bastidor 466b. Esto es lo más habitual en una carcasa de un intercambiador de calor de carcasa única o en la carcasa superior de un intercambiador de calor de carcasa múltiple.

[0048] Los métodos descritos en el presente documento permiten que todas las tuberías internas y casi todas las tuberías externas a las carcasas se completen antes de completar el haz de intercambiadores bobinados. Además, las válvulas y los instrumentos pueden instalarse y aislarse antes de que los largos haces de cables se introduzcan telescópicamente en las carcasas. Además, este método puede eliminar la necesidad de soportes de transporte temporales. Además, es posible utilizar varios recipientes a presión, incluida cualquier combinación de estos, dentro de los bastidores de los módulos. Además, una vez en el lugar de operación, se realizan las conexiones finales de las tuberías y se pueden poner en funcionamiento los módulos del intercambiador.

[0049] Como se ha indicado anteriormente, los módulos de intercambio de calor 100, 200, 300, 400 divulgados en el presente documento se utilizan más comúnmente como parte de una planta (sistema) de licuefacción de gas natural. Un sistema de licuefacción de gas natural ejemplar 2 se muestra en la figura 5. Con referencia a la figura 5, una corriente de

alimentación 1, que es preferentemente gas natural, se limpia y seca por métodos conocidos en una sección de tratamiento previo 7 para eliminar agua, gases ácidos como CO₂ y H₂S, y otros contaminantes como mercurio, dando como resultado una corriente de alimentación tratada previamente 3. La corriente de alimentación tratada previamente 3, que está esencialmente exenta de agua, se enfría previamente en un sistema de enfriamiento previo 18 para producir una corriente de gas natural enfriado previamente 5 y, posteriormente, se enfría, licua y/o subenfria en un CWHE 8 (que podría ser el módulo de intercambio de calor 100 o 200) para producir una corriente de LNG 6. El flujo de LNG 6 se baja normalmente de presión haciéndolo pasar a través de una válvula o una turbina (no mostrada) y se envía al tanque de almacenamiento de LNG 9. Cualquier vapor proyectado producido durante la bajada de presión y/o la ebullición en el tanque está representado por la corriente 45, que puede utilizarse como combustible en la planta, reciclarse para la alimentación o ventearse.

[0050] La corriente de alimentación tratada previamente 1 se enfría previamente a una temperatura inferior a 10 grados Celsius, preferentemente inferior a aproximadamente 0 grados Celsius, y más preferentemente a aproximadamente -30 grados Celsius. El flujo de gas natural enfriado previamente 5 se licua a una temperatura comprendida entre -150 grados Celsius y -70 grados Celsius, preferentemente entre -145 grados Celsius y -100 grados Celsius, y posteriormente se subenfria a una temperatura comprendida entre -170 grados Celsius y -120 grados Celsius, preferentemente entre -170 grados Celsius y -140 grados Celsius. El CWHE 8 es un intercambiador de calor bobinado con tres haces. No obstante, puede utilizarse cualquier número de haces y cualquier tipo de intercambiador.

[0051] El trabajo de refrigeración para el CWHE 8 es proporcionado por un refrigerante mezclado que es enfriado y comprimido en un sistema de compresión 31. El refrigerante mezclado caliente se extrae de la parte inferior del CWHE 8 en la corriente 30, se enfría y se comprime, y luego se vuelve a introducir en los haces de tubos a través de las corrientes 41, 43. El refrigerante mezclado se extrae, se expande y se reintroduce en el lado de la carcasa del CWHE 8 a través de las corrientes 42, 44. Se pueden encontrar detalles adicionales sobre el sistema de licuefacción de gas natural en el documento Publicación US n.º 2018/0283774. El sistema 2 mostrado en la figura 5 es idéntico al sistema mostrado en la figura 1 del documento publicación US n.º 2018-0283774.

[0052] En vista de la de las realizaciones divulgadas, la integración de la carcasa que contiene la presión (es decir, recipiente de presión) en el bastidor del módulo incluyendo la tubería fuera así como interna al CWHE reduce tiempo de fabricación, coste, y trabajo de campo a través del trabajo mecánico y del bobinado simultáneos del haz. Una vez completado el haz de bobinas, se puede introducir telescópicamente en la carcasa de presión que ya está dispuesta dentro del bastidor del módulo para su montaje final. Este método permite completar los trabajos eléctricos y mecánicos, incluyendo tanto los sistemas eléctricos como los sistemas de tuberías (tanto internos como externos) dentro del bastidor del módulo antes de completar la fabricación del mandril con el haz enrollado. También permite que la fabricación de la carcasa a presión y el montaje se realicen en distintos lugares para optimizar la disponibilidad de mano de obra y los costes. Además, el uso de soportes que están configuradas para soportar cargas horizontales y verticales de los recipientes a presión ayuda a: realizar el trabajo eléctrico y mecánico en la carcasa a presión dentro del bastidor del módulo, soportar el recipiente a presión horizontal durante el envío del recipiente a presión dentro del bastidor del módulo, y soportar el recipiente a presión montado dentro del bastidor del módulo en el lugar de operación, incluso durante la operación.

[0053] La figura 6 proporciona un diagrama de flujo de un método ejemplar de montaje, transporte e instalación de un módulo de intercambio de calor de acuerdo con las realizaciones ejemplares descritas en el presente documento. El proceso comienza con la construcción de la carcasa (etapa 1012) y el enrollado de los tubos alrededor del mandril para formar un haz enrollado (etapa 1014). Cuando se ha formado la carcasa, se construye el bastidor del módulo, incluyendo las soportes y la orejeta (etapa 1016) y se fija a la carcasa (etapa 1018). Una vez terminado el haz enrollado, se introduce telescópicamente en la carcasa (etapa 1022) y se cierra el extremo superior de la carcasa (etapa 1024). A continuación, el módulo de intercambio de calor puede transferirse a un vehículo de transporte (etapa 1028), transportarse al emplazamiento de la planta (etapa 1030) y erigirse e instalarse en el emplazamiento de la planta (etapa 1032).

[0054] Construir y fijar el bastidor del módulo a la carcasa antes de introducir telescópicamente el haz enrollado en la carcasa proporciona una serie de ventajas. La estabilidad estructural de la carcasa del módulo reduce la tensión en la carcasa durante el desplazamiento telescópico, la transición al transporte, durante el transporte y durante el montaje de la carcasa en la emplazamiento de la planta. En algunas aplicaciones, esto permitirá que la carcasa sea más fina (y, por tanto, más ligera) y menos costosa. Por ejemplo, la fuerza de refuerzo utilizada para estabilizar la carcasa durante la etapa telescópica 1022 puede aplicarse al carcasa del módulo en lugar de aplicarse directamente al carcasa. Del mismo modo, cuando la carcasa se mueve (levanta) en preparación para el transporte (etapa 1028) y se monta e instala en el emplazamiento de la planta (etapa 1032), las fuerzas de movimiento/elevación pueden aplicarse al bastidor del módulo en lugar de aplicarse directamente a la carcasa. Además, en instalaciones en las que el intercambiador de calor está formado por múltiples carcasas (véanse las figuras 2A-C y 4A-H), la cubierta superior (por ejemplo, la cubierta 440 de la figura 4A) puede ser instalado simplemente atornillando su bastidor modular al bastidor modular de la carcasa inferior (por ejemplo, la carcasa 430 de la figura 4A).

[0055] Construir y fijar la carcasa del módulo a la carcasa antes del desplazamiento telescópico también permite que algunas etapas del proceso que se requiere que se realicen en serie utilizando métodos convencionales se realicen en paralelo. Por ejemplo, las penetraciones de tuberías, las tuberías, los soportes de tuberías, las conexiones eléctricas, la

instrumentación y el aislamiento, etc., pueden instalarse en la carcasa (etapa 1020) antes o en paralelo con la etapa telescópica 1022. Con los métodos convencionales, estos elementos no podrían instalarse hasta después de instalar la carcasa en el emplazamiento de la planta. Esta mejora no sólo acorta la duración total del proceso, sino que también permite realizar más etapas del proceso en un entorno interior en lugar de hacerlo al aire libre en un emplazamiento de la planta. Además, permite la opción de probar la presión de la carcasa (etapa 1026) en condiciones de taller y antes del transporte al lugar de la emplazamiento de la planta (etapa 1030). Permitir que una porción importante de los trabajos de tuberías y electricidad se puedan realizar antes del transporte reduce las etapas que hay que dar en el emplazamiento de la planta. En muchos casos, las únicas conexiones de tuberías y eléctricas que deben realizarse en el emplazamiento de la planta son las que interconectan la carcasa con otra carcasa o con otros elementos de la planta (etapa 1034).

[0056] Aunque se han divulgado diversas realizaciones ejemplares, será evidente para los expertos en la materia que pueden realizarse diversos cambios y modificaciones que lograrán algunas de las ventajas de los conceptos divulgados en el presente documento sin apartarse del ámbito de la invención. Será obvio para aquellos razonablemente expertos en la materia que otros componentes que realicen las mismas funciones pueden ser sustituidos adecuadamente. Por lo tanto, con respecto a las diversas funciones desempeñadas por los componentes o estructuras descritas anteriormente (conjuntos, dispositivos, circuitos, sistemas, etc.), los términos (incluida una referencia a un "medio") utilizados para describir dichos componentes pretenden corresponder, a menos que se indique lo contrario, a cualquier componente o estructura que realice la función especificada del componente descrito (es decir, que sea funcionalmente equivalente), incluso si no es estructuralmente equivalente a la estructura divulgada que realiza la función en las implementaciones ejemplares de la invención ilustradas en este documento. Se debe entender que se pueden utilizar otras realizaciones y se pueden realizar cambios estructurales o lógicos sin alejarse del ámbito de la presente invención. Cabe mencionar que las características explicadas con referencia a una figura específica pueden combinarse con características de otras figuras, incluso en aquellas que no se mencionan explícitamente.

REIVINDICACIONES

1. Un método que comprende:

- 5 (a) formar un primer mandril (110, 310);
- (b) formar un primer haz enrollado en el primer mandril para formar un primer mandril enrollado (114, 314) enrollando el tubo (112) alrededor del primer mandril (110, 310);
- (c) proporcionar una primera porción (131) de una primera carcasa del intercambiador de calor (130, 330, 340, 430, 440), teniendo la primera porción una primera cara abierta y un primer eje longitudinal de la carcasa (L) que se extiende paralelo a una dimensión mayor de la primera carcasa del intercambiador de calor;
- 10 (d) fijación de la primera porción (131) de la carcasa del primer intercambiador de calor (130, 330, 430, 440) a un primer bastidor de módulo (360a-b, 460) con al menos dos miembros de conexión (336a-d, 436a-d, 441a-b) rígidamente unidos a la carcasa del primer intercambiador de calor para formar un primer módulo de intercambio de calor (366a-b, 466a-b), comprendiendo el bastidor del primer módulo una pluralidad de columnas conectadas por travesaños;
- 15 (e) después de realizar la etapa (d), introducir telescópicamente el primer mandril bobinado (114, 314) en la primera porción (131) de la primera carcasa del intercambiador de calor (130, 330, 340, 430, 440) a través de la primera cara abierta mientras el primer eje longitudinal de la carcasa (L) está en una orientación sustancialmente horizontal;
- (f) después de realizar la etapa (e), cerrar la primera cara abierta de la primera carcasa del intercambiador de calor (130, 330, 340, 430, 440);
- 20 (g) tras realizar la etapa (f), transportar el primer módulo de intercambio de calor (366a-b, 466a-b) a un emplazamiento de la planta; y
- (h) tras realizar la etapa (g), montar el primer módulo de intercambio de calor (366a-b, 466a-b) en el emplazamiento de la planta con el primer eje longitudinal de la carcasa (L) en una orientación sustancialmente vertical, en la que el primer módulo de intercambio de calor está suspendido en una posición fija dentro del primer bastidor del módulo (360a-b, 460) por los al menos dos miembros de conexión (336a-d, 436a-d, 441a-b).

2. El método de la reivindicación 1, en el que los al menos dos miembros de conexión comprenden al menos un soporte (336a-d, 436a-d) y la etapa (d) comprende además conectar el al menos un soporte al primer bastidor del módulo (360a-b, 460) con una pluralidad de juntas (467a-d) que permiten a dicho al menos un soporte moverse con respecto al primer bastidor del módulo en una dirección que es paralela al primer eje longitudinal de la carcasa (L), al tiempo que impiden el movimiento del al menos un sillín con respecto al primer bastidor del módulo en direcciones que no son paralelas al primer eje longitudinal de la carcasa.

3. El método de la reivindicación 1, en el que los al menos dos miembros de conexión comprenden al menos dos soportes (336a-d, 436a-d) y la etapa (d) comprende además conectar los al menos dos soportes al primer bastidor de módulo (360a-b, 460) con una pluralidad de juntas (467a-d) que permiten a cada una de las al menos dos soportes moverse con respecto al primer bastidor de módulo en una dirección que es paralela al primer eje longitudinal de la carcasa (L) mientras que impiden el movimiento de cada uno de los al menos dos soportes con respecto al primer bastidor de módulo en direcciones que no son paralelas al primer eje longitudinal de la carcasa.

4. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que los al menos dos miembros de conexión comprenden al menos una orejeta (441a-b) y la etapa (d) comprende además fijar rígidamente la al menos una orejeta al bastidor del primer módulo (360a-b, 460).

5. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende adicionalmente:

- 50 (i) antes de realizar la etapa g), instalar en el primer módulo de intercambio de calor (366a-b, 466a-b) al menos uno seleccionado del grupo de: tuberías (354a-d), soportes de tuberías, válvulas, instrumentación, sistemas eléctricos, peldaños, escaleras, plataformas de pie y aislamiento.

6. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende adicionalmente:

- 55 (j) antes de realizar la etapa (g), instalar en el primer módulo de intercambio de calor (366a-b, 466a-b) al menos uno seleccionado del grupo de: tuberías (354a-d), soportes de tuberías, válvulas, peldaños, escaleras, plataformas elevadoras y aislamiento.

7. El método de la reivindicación 5, que comprende además, realizar la etapa (i) antes de finalizar la etapa (e).

8. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende adicionalmente:

- 60 (k) antes de realizar la etapa g), aislar una superficie exterior del primer módulo de intercambio térmico (366a-b, 466a-b).

9. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que la etapa (h) comprende fijar rígidamente el bastidor del primer módulo (360a-b, 460) a una plataforma en el emplazamiento de la planta (361).

65 10. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que la etapa (d) comprende además configurar el bastidor del primer módulo (360a-b, 460) para contener la primera porción unida (131) de la primera carcasa del intercambiador

de calor (130, 330, 340, 430, 440) dentro de un perímetro de bastidor definido por la pluralidad de columnas del primer módulo de intercambio de calor.

5 11. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, que comprende adicionalmente:

(l) proporcionar una abertura para cables en la primera carcasa del intercambiador de calor (130, 330, 340, 430, 440) en un extremo distal a la primera cara abierta y pasar un cable a través de la abertura para cables; en el que la etapa (e) comprende además arrastrar el primer mandril bobinado (114, 314) dentro de la primera carcasa del intercambiador de calor (130, 330, 340, 430, 440) utilizando el cable durante al menos una porción de la etapa (e).

10 12. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, que comprende adicionalmente:

(m) repetir las etapas (a) a f) para formar un segundo módulo de intercambio térmico (366b, 466b);
15 (n) tras realizar la etapa (m), transportar el segundo módulo de intercambio de calor a un emplazamiento de la planta (366b, 466b); y
(o) tras realizar la etapa (n), montar el segundo módulo de intercambio de calor (366b, 466b) sobre el primer módulo de intercambio de calor (366a, 466a) en el emplazamiento de la planta con un segundo eje longitudinal de la carcasa del segundo módulo de intercambio de calor en una orientación sustancialmente vertical, en la que el segundo módulo de intercambio de calor está suspendido en una posición fija dentro de un segundo bastidor de módulo (360b, 460) del segundo módulo de intercambio de calor por los al menos dos miembros de conexión (336a-d, 436a-d, 441a-b).

20 13. El método de la reivindicación 12, que comprende además:

(p) instalar al menos un conducto que proporcione una conexión de flujo de fluido entre la carcasa (330, 430) del primer módulo de intercambio de calor (366a, 466a) y la carcasa (340, 440) del segundo módulo de intercambio de calor (366b, 466b).

25 14. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, que comprende adicionalmente:

(q) durante la realización de la etapa (e), arristrar la primera carcasa del intercambiador de calor (330, 340, 430, 440) contra una fuerza aplicada a la primera carcasa del intercambiador de calor (130, 330, 340, 430, 440) mediante el desplazamiento telescópico del primer mandril bobinado (114, 314) únicamente aplicando una fuerza de arriostamiento a la primera carcasa del módulo.

30 15. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, que comprende adicionalmente:

(r) prueba de presión de la primera carcasa del intercambiador de calor (130, 330, 340, 430, 440) antes de realizar la etapa (g).

35 16. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, que comprende adicionalmente:

(s) formar un segundo mandril;
40 (t) formar un segundo mandril bobinado (124) enrollando tubos alrededor del segundo mandril;
(u) proporcionar una segunda porción (134) de la primera carcasa del intercambiador de calor (130), teniendo la segunda porción una segunda cara abierta y un segundo eje longitudinal de la carcasa que se extiende paralelo a la dimensión mayor de la segunda carcasa del intercambiador de calor;
45 (v) fijar la segunda porción (134) de la carcasa del primer intercambiador de calor (130) a un segundo bastidor modular (360b) con al menos dos elementos de conexión (336c-d, 436c-d, 441b) rígidamente fijados a la segunda porción de la carcasa del primer intercambiador de calor, comprendiendo el primer bastidor modular una pluralidad de columnas conectadas por travesaños; y
(w) introducir telescópicamente el segundo mandril bobinado (124) en la segunda porción (134) de la primera carcasa del intercambiador de calor (130) a través de la segunda cara abierta mientras el segundo eje longitudinal de la carcasa se encuentra en una orientación sustancialmente horizontal;
50 en el que la etapa (f) comprende, después de realizar las etapas (e) y (w), cerrar la primera cara abierta de la primera carcasa del intercambiador de calor (130) uniendo la primera porción (131) de la primera carcasa del intercambiador de calor (130) a la segunda porción (134) de la primera carcasa del intercambiador de calor y uniendo la primera carcasa del módulo (360a) a la segunda carcasa del módulo (360b) para formar el primer módulo de intercambio de calor (366a-b).

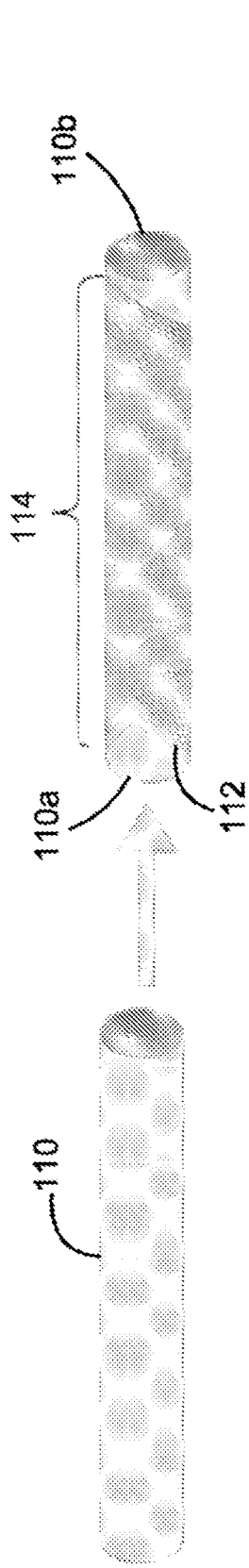


FIG. 1A

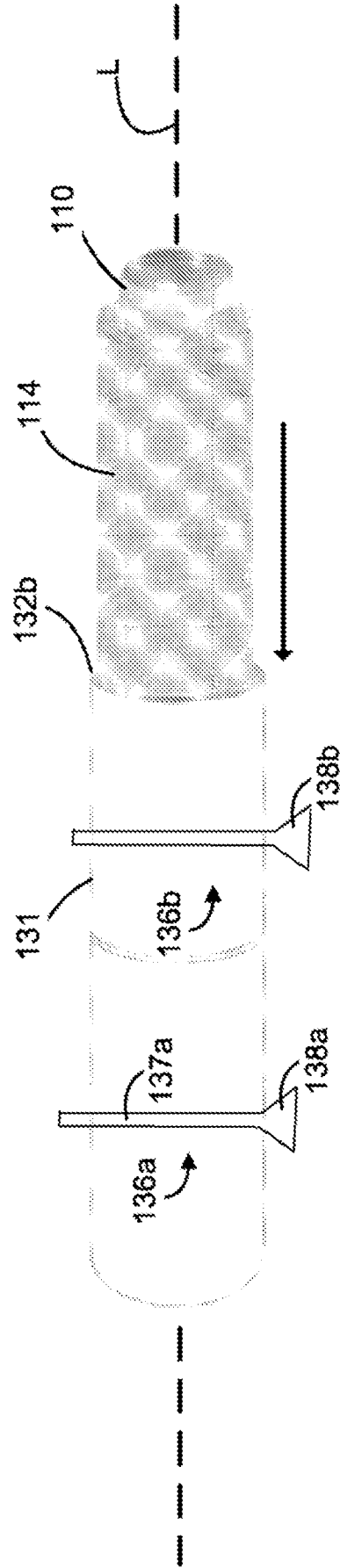


FIG. 1B

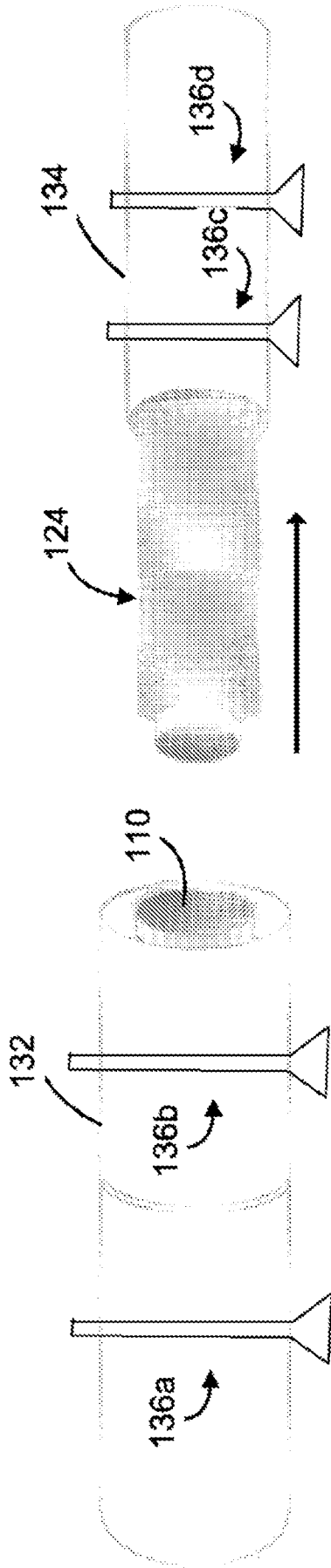


FIG. 1C

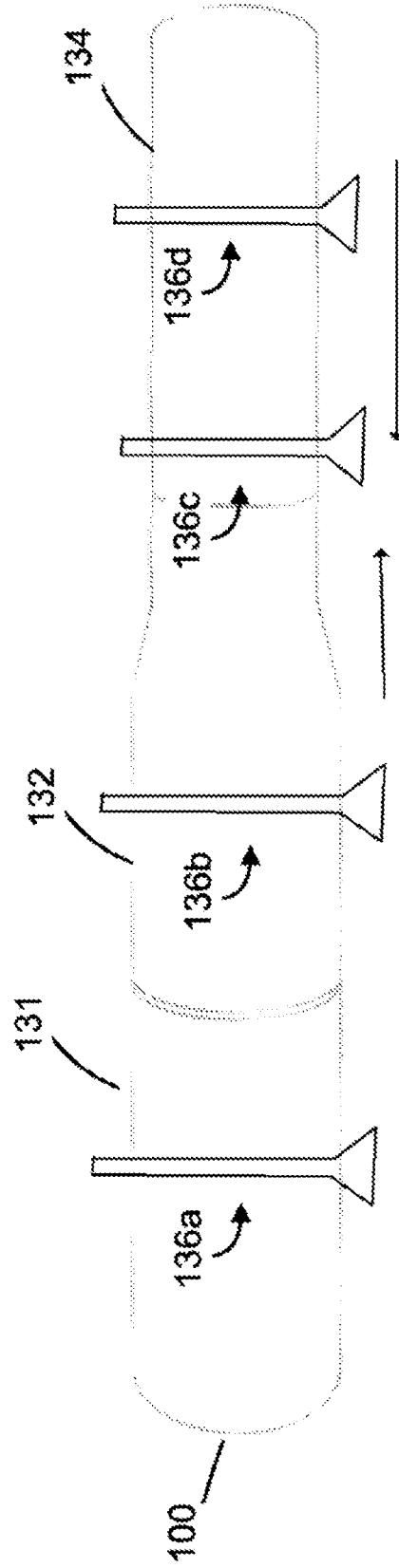


FIG. 1D

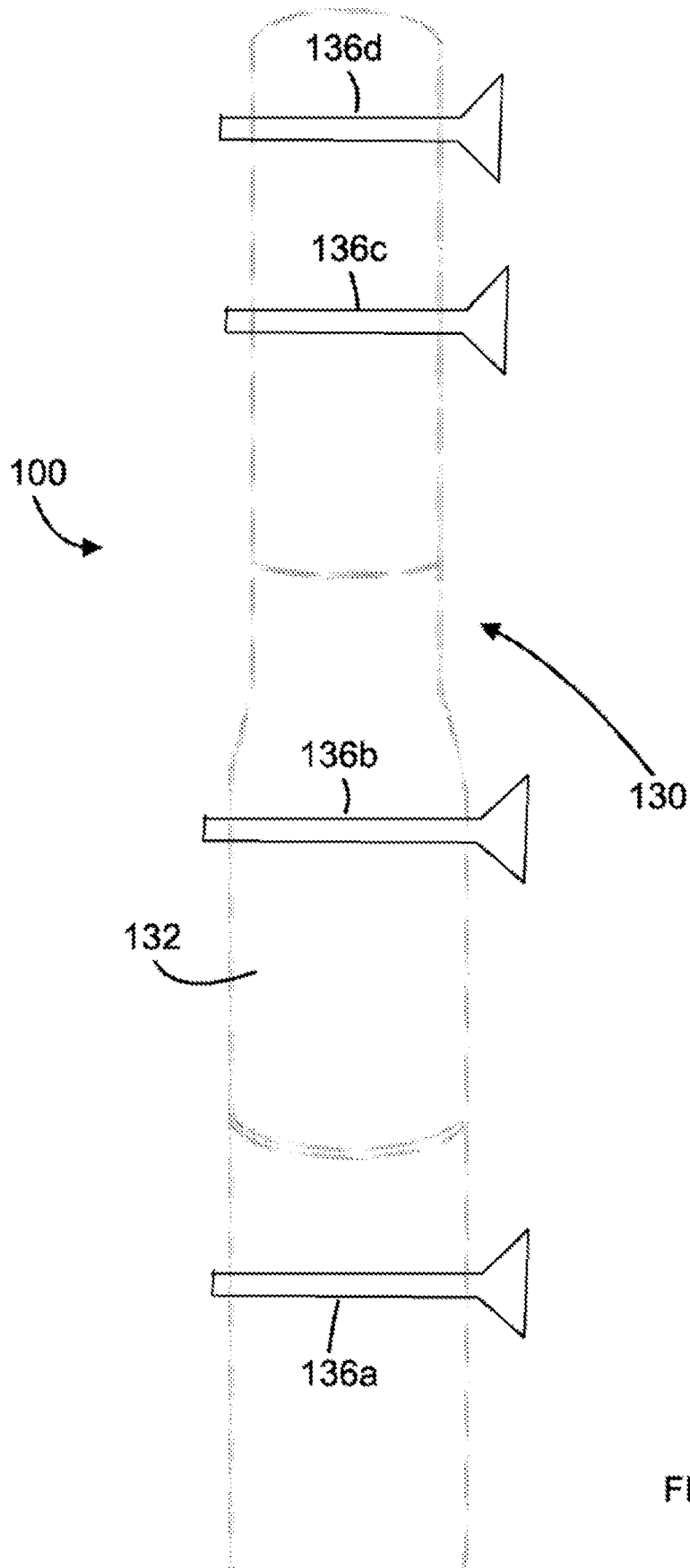


FIG. 1E

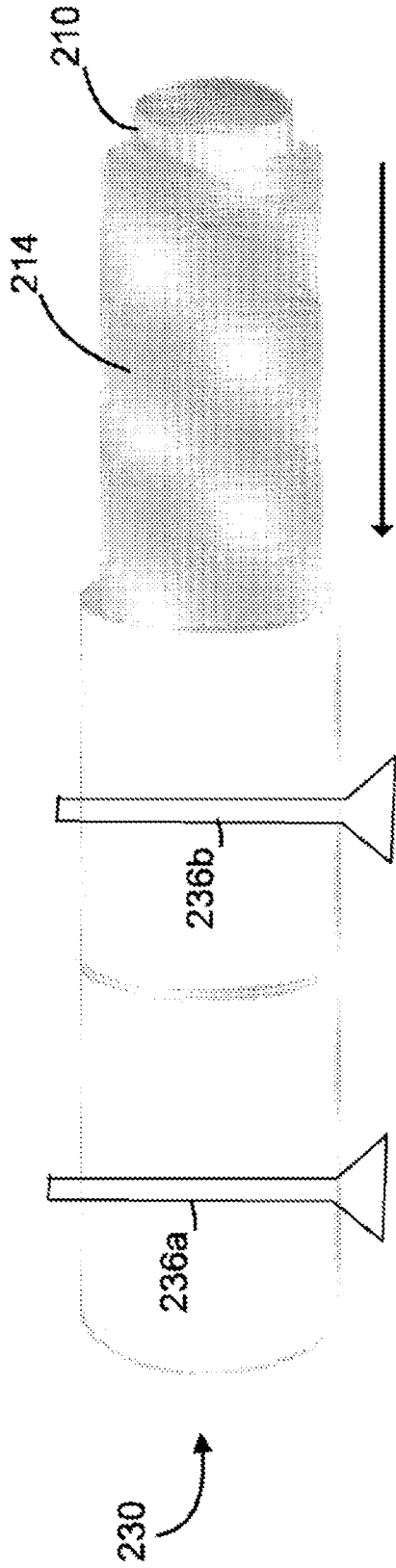


FIG. 2A

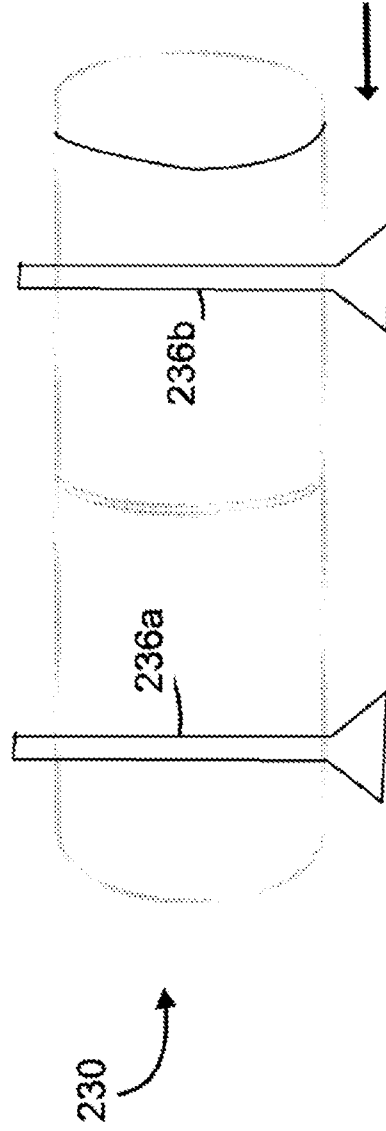


FIG. 2B

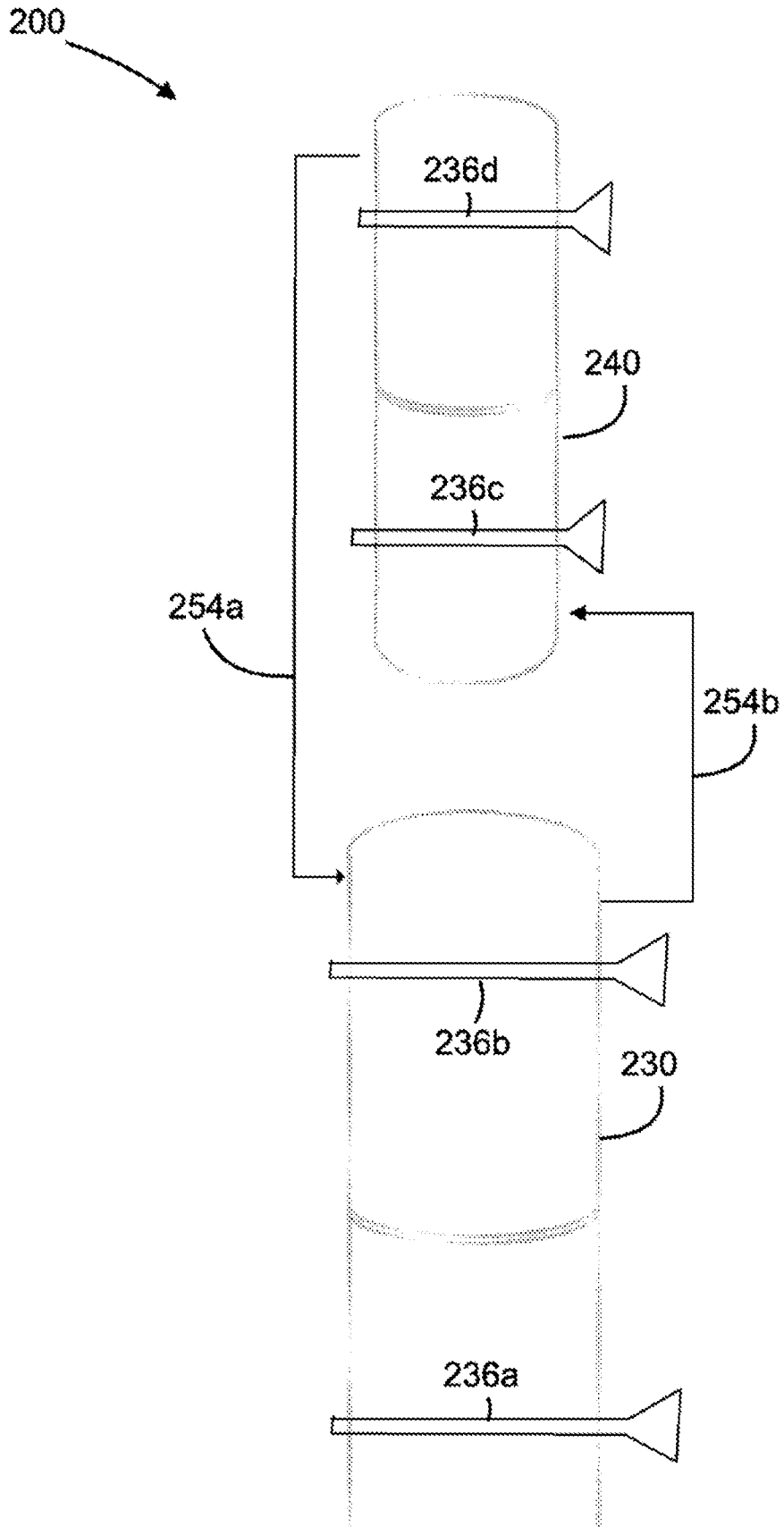


FIG. 2C

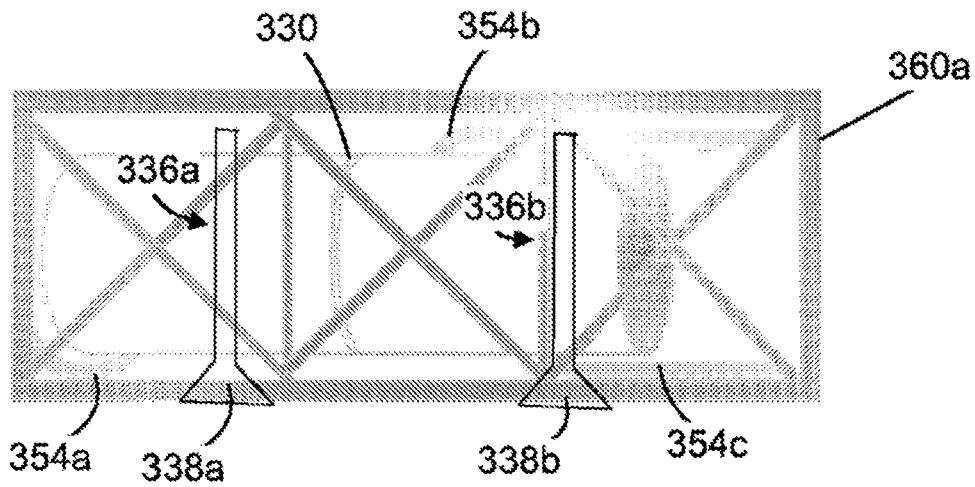


FIG. 3A

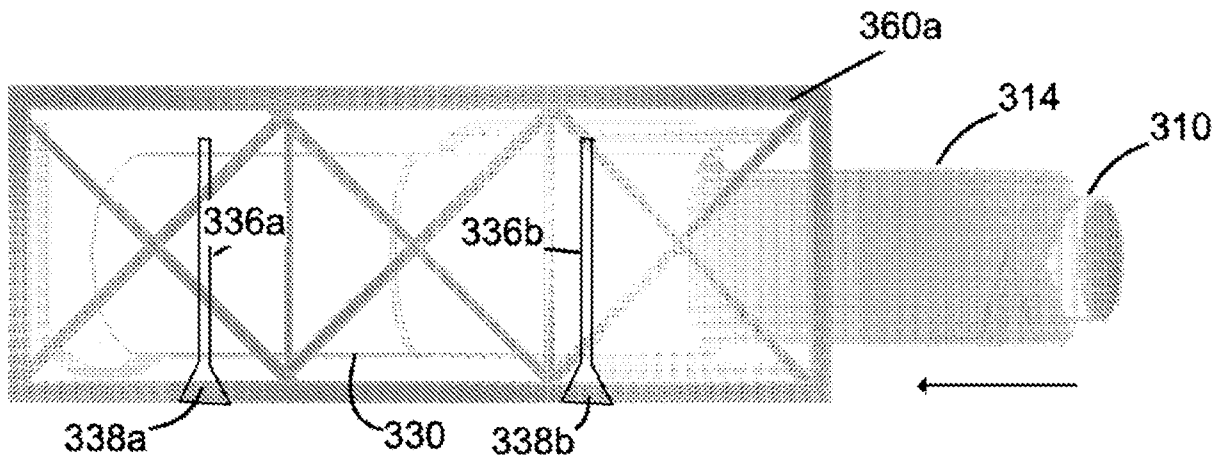


FIG. 3B

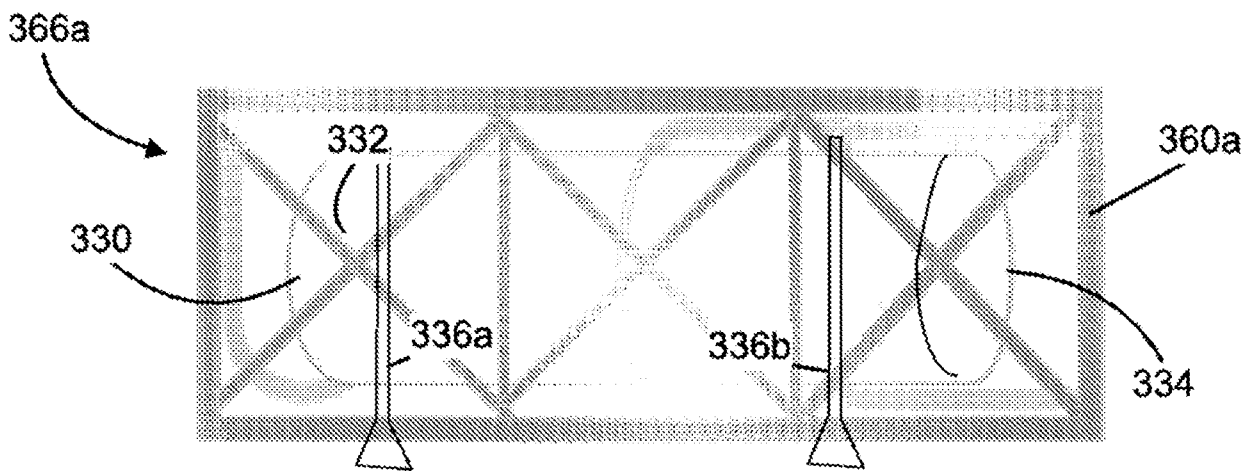


FIG. 3C

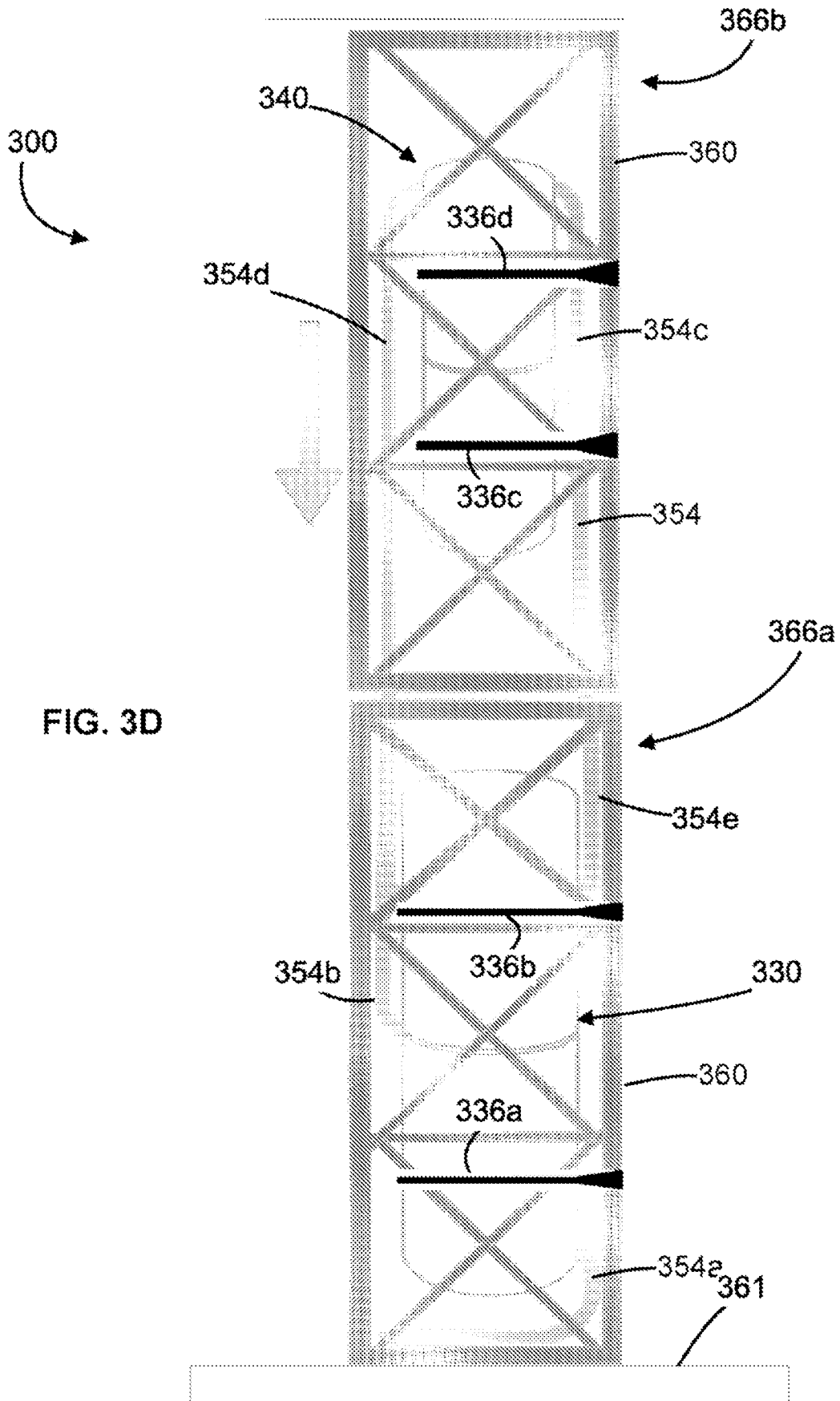


FIG. 3D

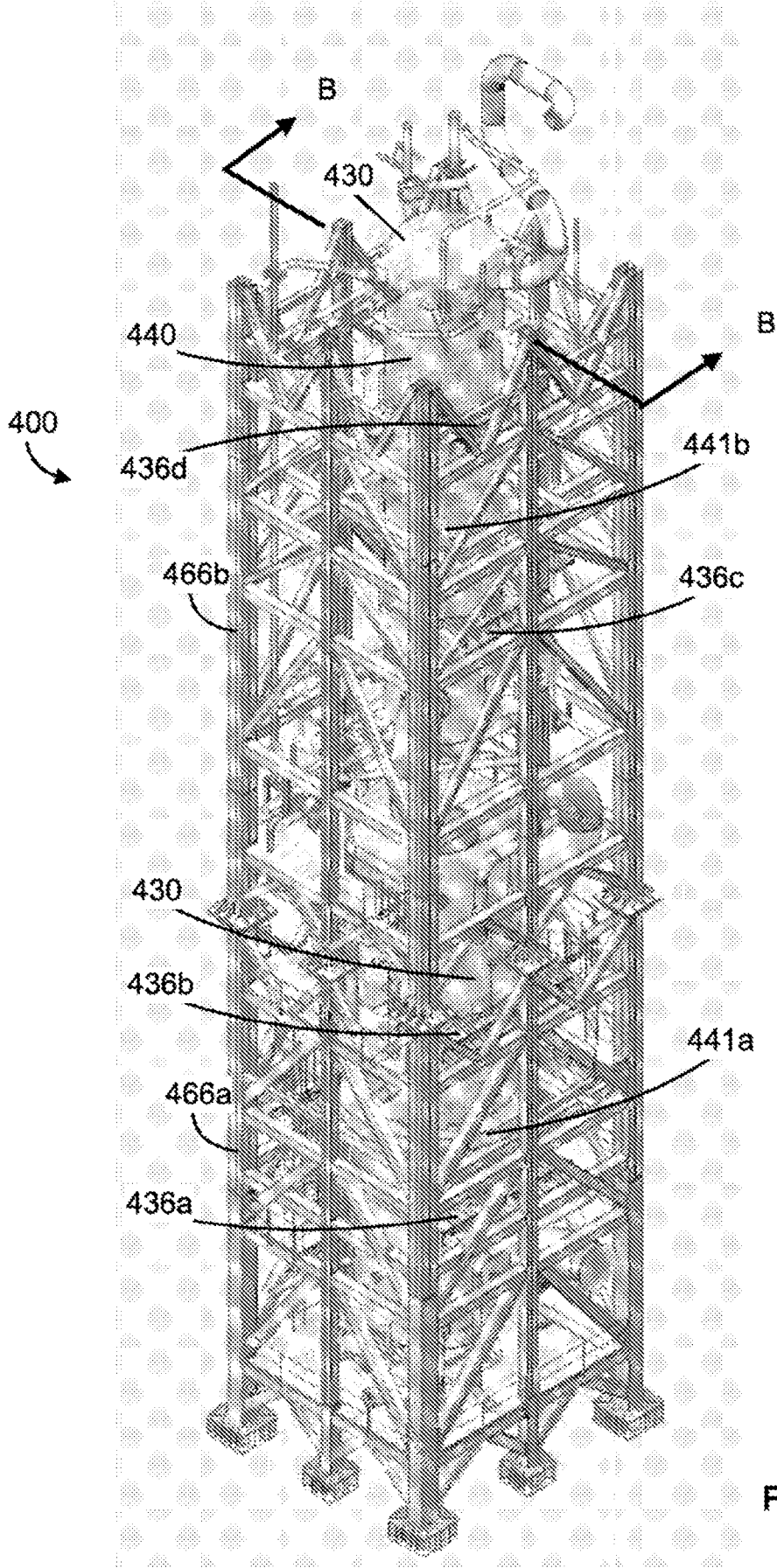


FIG. 4A

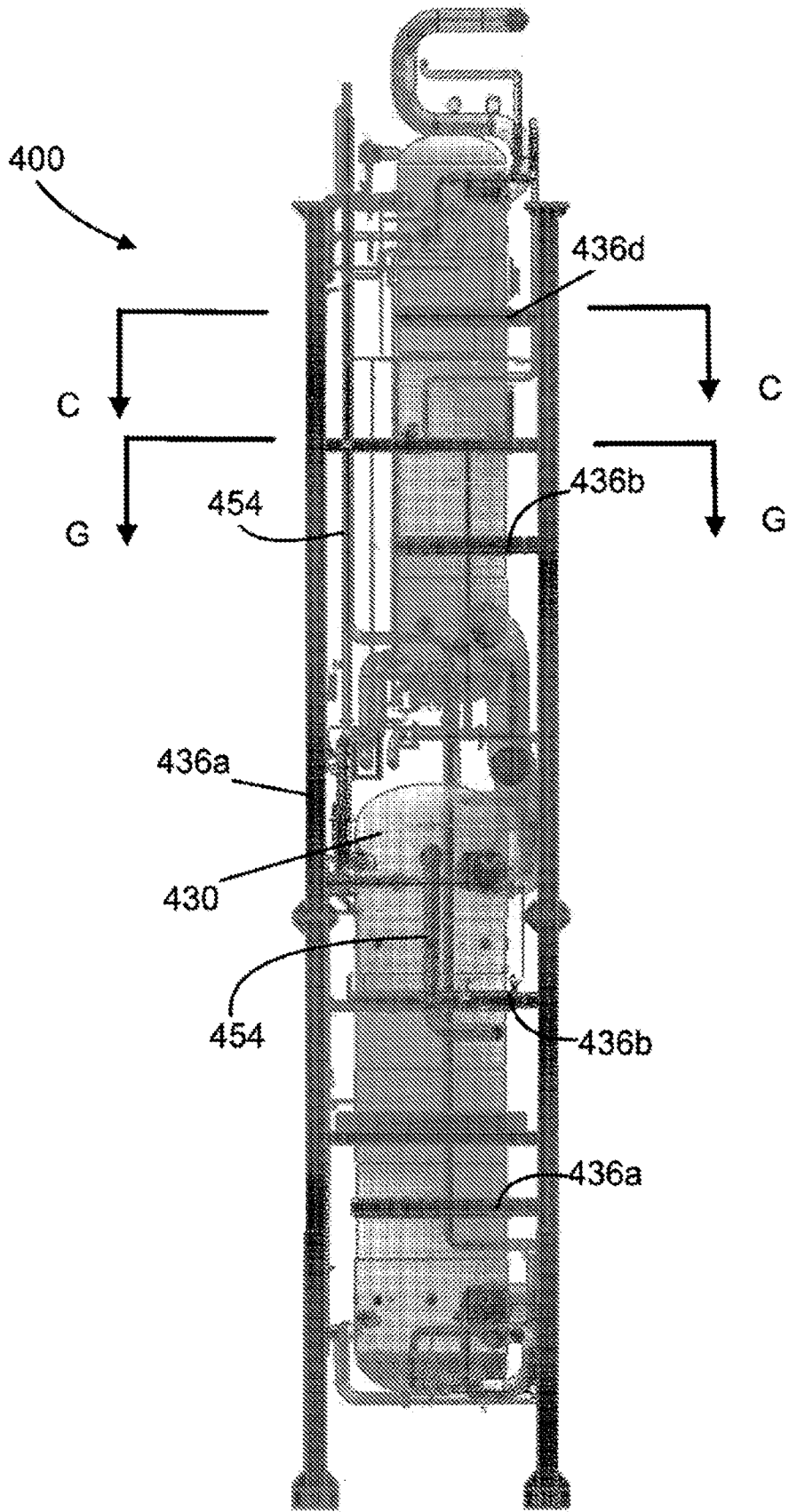


FIG. 4B

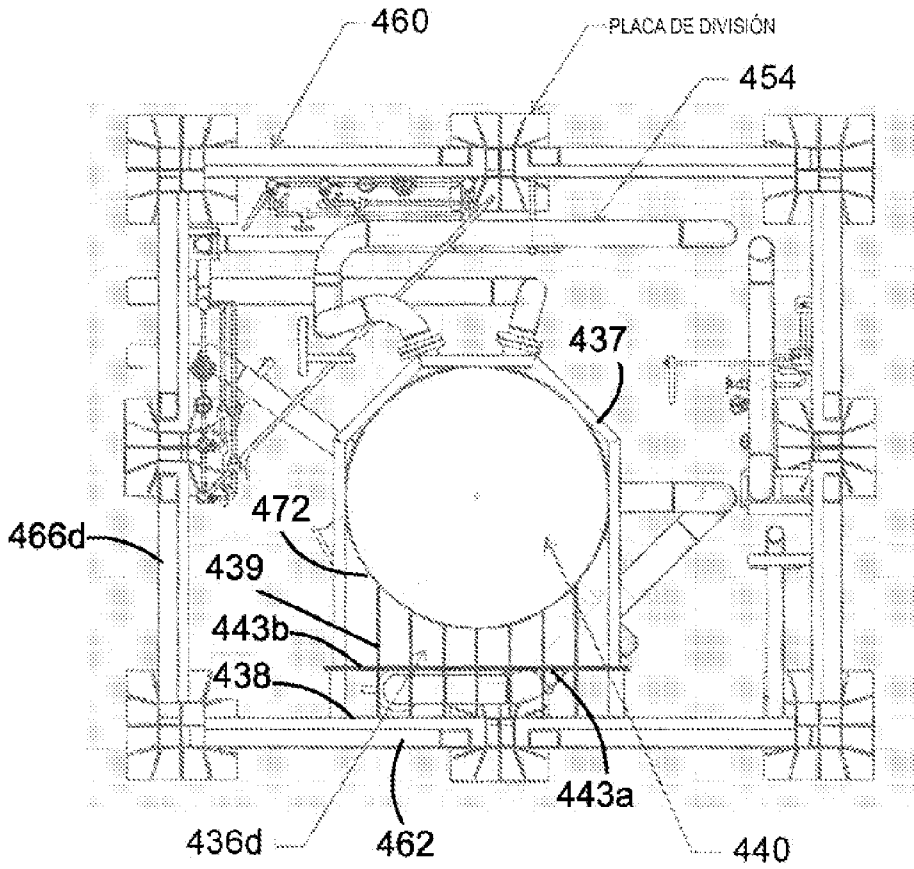


FIG. 4C

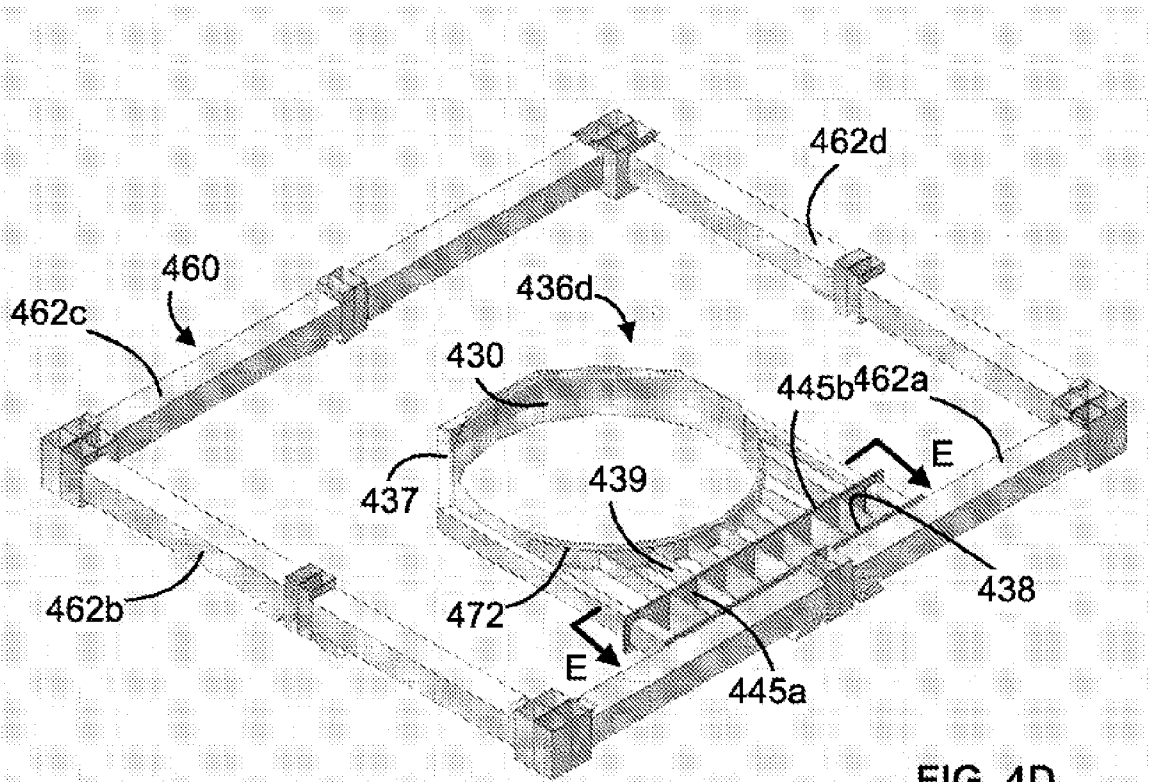


FIG. 4D

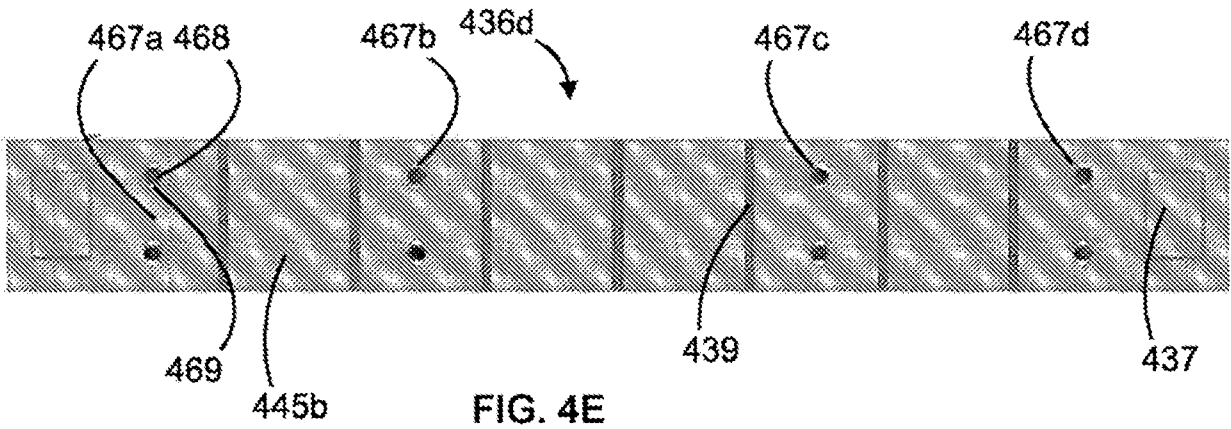


FIG. 4E

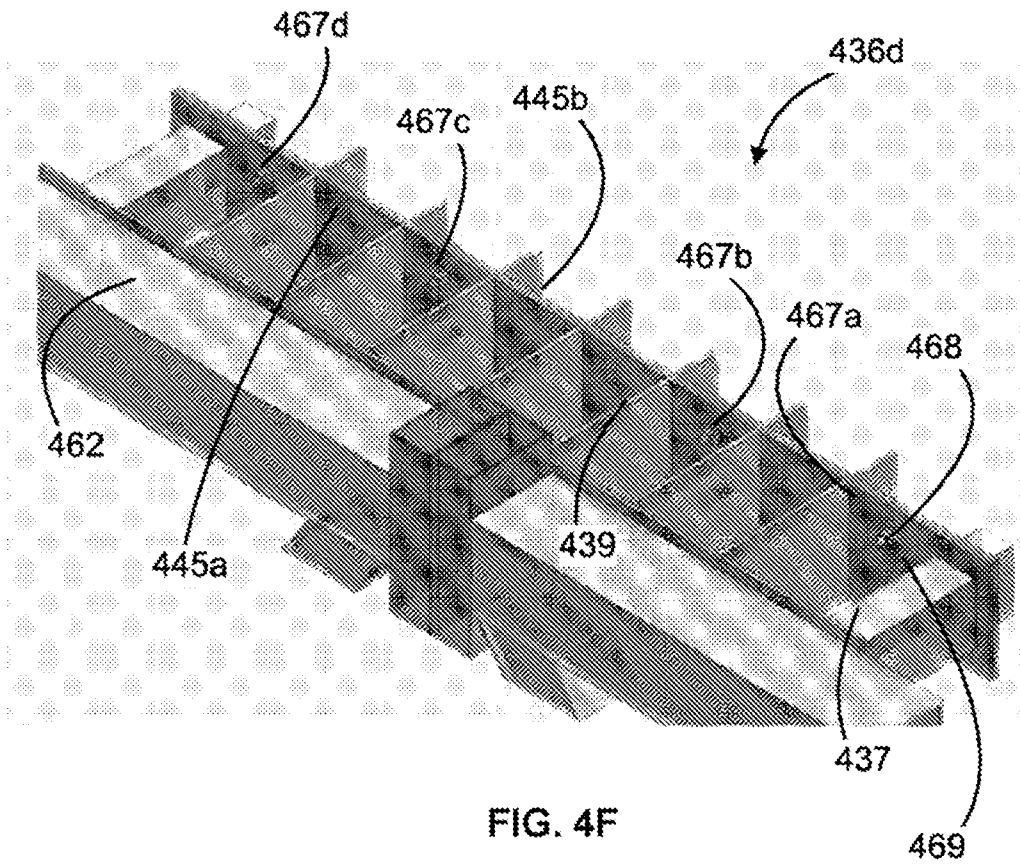


FIG. 4F

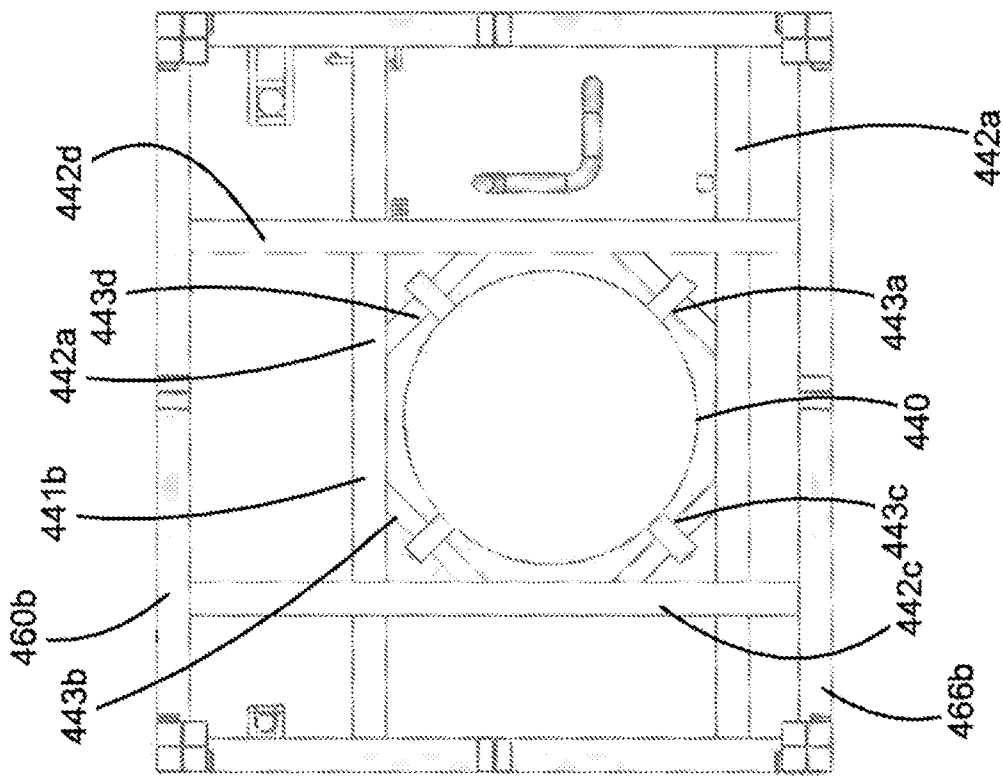


FIG. 4G

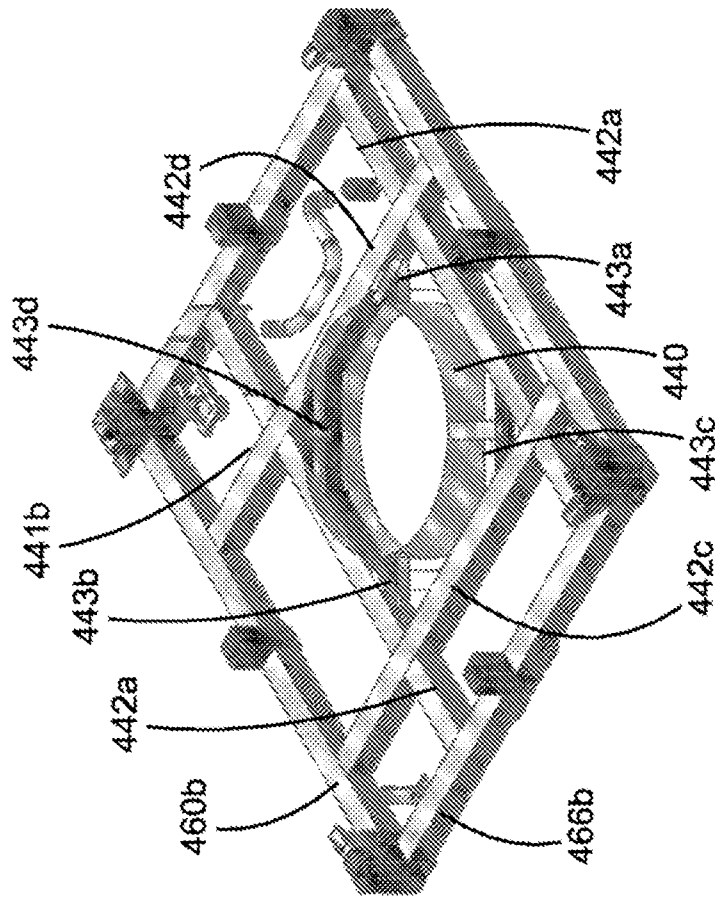
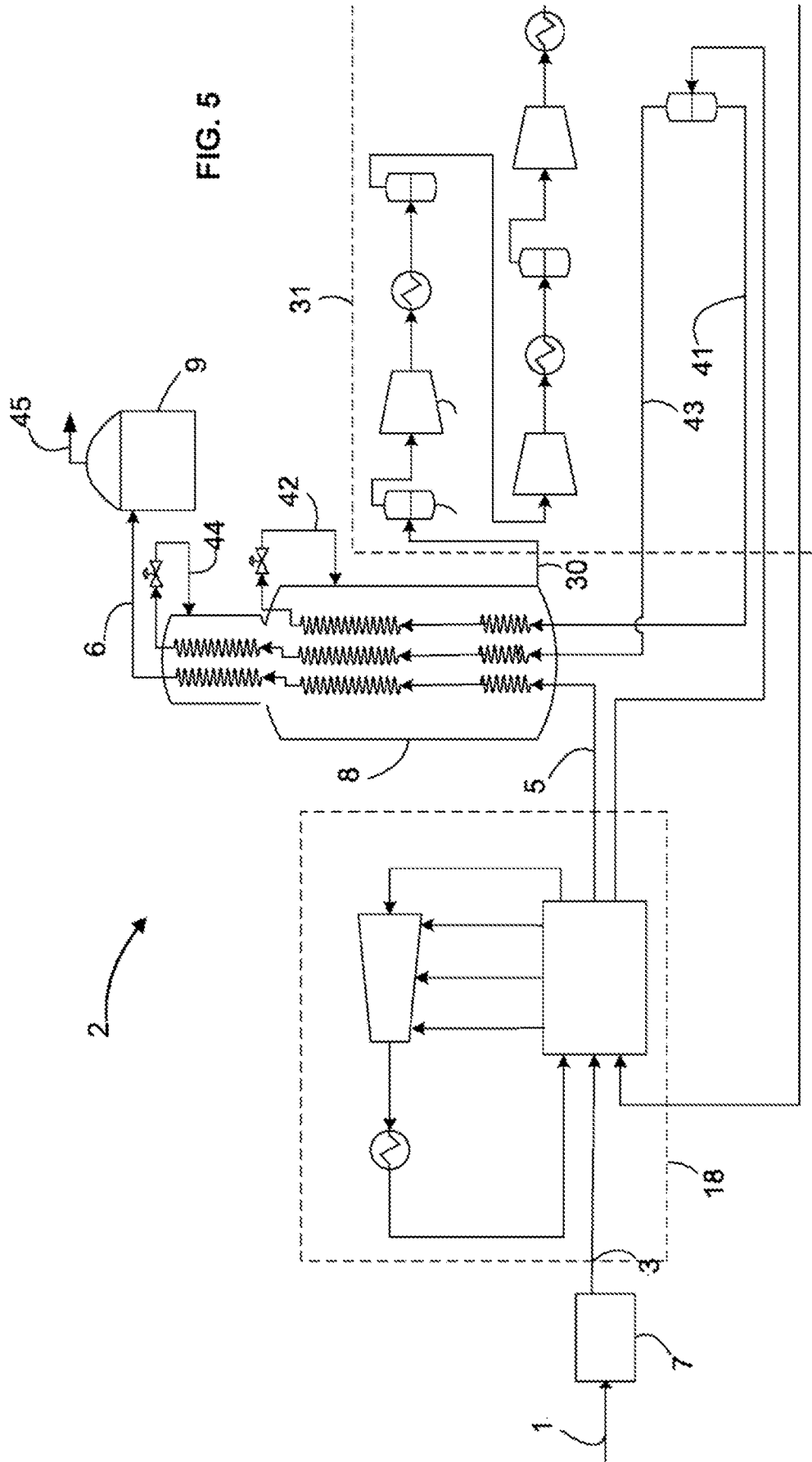


FIG. 4H



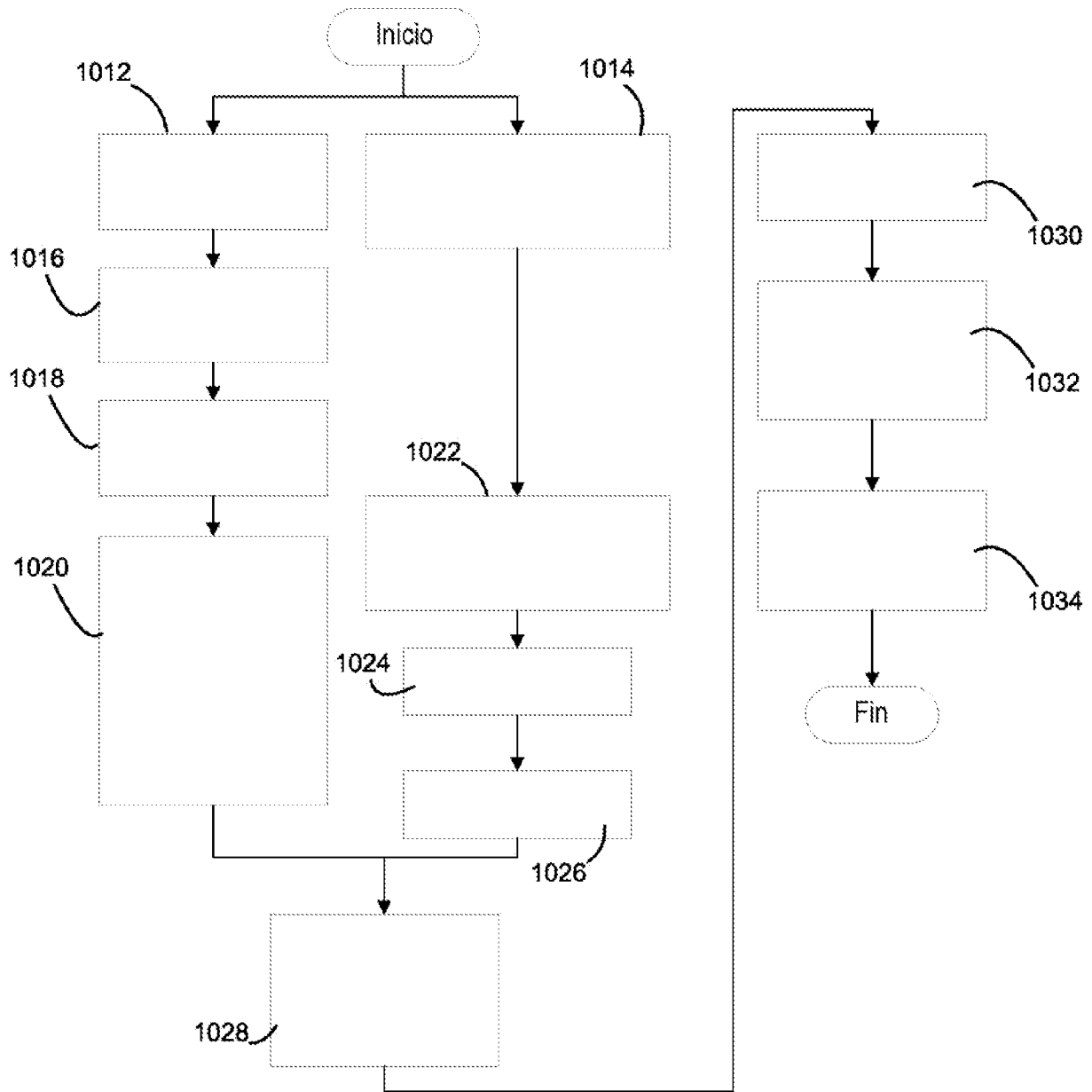


FIG. 6