

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 821 909**

51 Int. Cl.:

G21D 5/12 (2006.01)

F22B 1/02 (2006.01)

F22B 37/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.06.2014 PCT/US2014/040804**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.04.2015 WO15047463**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.06.2014 E 14849704 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.07.2020 EP 3050063**

54 Título: **Generador de vapor y procedimiento de protección de tubos contra vibraciones del interior de un generador de vapor**

30 Prioridad:

25.09.2013 US 201314036636

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

28.04.2021

73 Titular/es:

**WESTINGHOUSE ELECTRIC COMPANY LLC
(100.0%)
1000 Westinghouse Drive, Suite 141
Cranberry Township, PA 16066, US**

72 Inventor/es:

**PRABHU, PADMANABHA J. y
WEPFER, ROBERT M.**

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 821 909 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

Generador de vapor y procedimiento de protección de tubos contra vibraciones del interior de un generador de vapor

Antecedentes**Campo**

- 5 El concepto divulgado se refiere, en general, a un generador de vapor y, en particular, a un generador de vapor que incluye unas barras antivibratorias. El concepto divulgado también se refiere a un procedimiento de protección de tubos contra vibraciones en un generador de vapor con una pluralidad de barras antivibratorias.

Información de antecedentes

- 10 Los cambiadores de calor que incorporan haces de tubos son habitualmente empleados en sistemas de reactor nuclear de agua a presión. Un generador de vapor comprende, en términos generales, una carcasa orientada verticalmente, un haz de tubos constituido por unos tubos, cada uno de los cuales comprende dos componentes verticales que confluyen en una porción de codo, una placa tubular para soportar los tubos en los extremos opuestos de la porción de codo, una placa divisoria que coopera con la placa tubular y una cabeza de canal hemisférica para formar un distribuidor de entrada de fluido primario en el extremo del haz de tubos y un distribuidor de salida de fluido primario en el otro extremo del haz de tubos. Una tobera de entrada de fluido primario está en comunicación de fluido con el distribuidor de entrada de fluido primario y una tobera de salida de fluido primario está en comunicación de fluido con el distribuidor de salida de fluido primario. El lado secundario del generador de vapor comprende una envuelta dispuesta entre el haz de tubos y la carcasa para formar una cámara anular compuesta por la carcasa sobre el exterior y la envuelta sobre el interior, y un anillo de alimentación de agua dispuesto por la porción de codo del haz de tubos.

- 25 El fluido primario que ha sido calentado mediante su puesta en circulación a través del núcleo del reactor, entra en el generador de vapor a través de la tobera de entrada de fluido primario. Desde la tobera de entrada de fluido primario, el fluido primario es conducido a través del distribuidor de entrada de fluido primario, pasa por el interior del haz de tubos y sale por el distribuidor de salida de fluido primario, a través de la tobera de salida de fluido primario hasta la bomba de líquido refrigerante del reactor para su recirculación. Al mismo tiempo, el agua de alimentación es introducida en el lado secundario del generador de vapor a través de una tobera del agua de alimentación que está conectada al anillo del agua de alimentación por dentro del generador de vapor. Después de entrar en el generador de vapor, el agua de alimentación se mezcla con el agua que vuelve de unos separadores de la humedad situados por encima del haz de tubos designada como corriente de recirculación. Esta mezcla, designada flujo de bajante, es conducida hacia abajo hasta la cámara anular dispuesta entre la carcasa y la envuelta hasta que la placa tubular cerca del fondo de la cámara anular provoca que el agua cambie de dirección, pasando en relación de cambio de calor con el exterior de los tubos y hacia arriba a través del interior de la envuelta. Mientras el agua se pone en circulación en relación de cambio de calor con el haz de tubos, el calor es transferido desde el fluido primario de los tubos hasta el agua que rodea los tubos, haciendo que una porción del agua exterior a los tubos sea convertida en vapor. La mezcla de vapor y agua a continuación asciende y es conducida a través de una pluralidad de separadores de la humedad que separan toda el agua arrastrada en compañía del vapor, y el vapor a continuación sale del generador de vapor y se hace circular típicamente a través de un turbogenerador para generar electricidad de la manera conocida en la técnica.

- 40 La porción del generador de vapor, que incluye básicamente la porción de codo de los tubos y por abajo hasta la cabeza de canal es típicamente designada como sección de evaporador. La porción de generador de vapor por encima de los tubos que incluye los separadores de la humedad es típicamente designada como colector de vapor. El agua de alimentación entra en el generador de vapor a través de una tobera de entrada que está dispuesta en la porción superior de la carcasa cilíndrica. El agua de alimentación es distribuida y mezclada con el agua retirada por los separadores de la humedad y, a continuación, fluye hacia abajo por el canal anular que rodea el haz de tubos.

- 45 Los tubos son soportados en sus extremos abiertos por medios convencionales de forma que los extremos de los tubos queden soldados a la placa tubular que está dispuesta de forma genérica en posición transversal con respecto al eje geométrico longitudinal del generador de vapor. Una pluralidad de placas de soporte o rejillas dispuestas en relación axial separada entre sí están dispuestas a lo largo de la porción recta de los tubos para soportar la sección recta de los tubos. Con respecto al haz de tubos, los diversos generadores de vapor utilizan diferentes configuraciones de tubo, por ejemplo, la porción de codo está curvada o en forma de U, o cada uno de los componentes verticales de los tubos se dobla en ángulos agudos, formando una porción de codo con forma relativamente horizontal.

- 55 Situadas dentro de la porción de codo de los tubos se encuentra una pluralidad de barras antivibratorias que están típicamente dispuestas entre cada columna de tubos. Las barras antivibratorias proporcionan soporte y no interfieren sustancialmente con el flujo del vapor cargado de humedad. Las barras antivibratorias están concebidas para impedir las vibraciones excesivas de los tubos individuales del entero haz de tubos; vibraciones que pueden potencialmente dañar los tubos. Es sabido que la porción de codo del haz de tubos resulta más seriamente afectada

por las vibraciones y, debido a la configuración de codo, es más difícil de soportar en la medida suficiente para eliminar las vibraciones.

5 El movimiento típico de los tubos que experimentan una vibración normal es un movimiento transversal al plano del codo en U y, por tanto, dicha vibración es designada como vibración fuera del plano. En condiciones normales, los tubos pueden también experimentar una vibración en el plano. En tales situaciones, los tubos adyacentes de una columna pueden contactar entre sí, lo que provoca daños severos a los tubos. Un generador de vapor con un conjunto de barras antivibratorias de acuerdo con la porción precharacterizadora de la reivindicación 1 se divulga en el documento US 4,893,671. Otro diseño de conjunto de barras antivibratorias para un generador de vapor se encuentra en el documento US 4,204,570 en el que las barras antivibratorias presentan un contorno que define una hélice. Otro diseño de barras antivibratorias se encuentra en el documento CH 367 842 en el que las barras antivibratorias están formadas como cintas con un motivo en zigzag.

La fabricación y el montaje del haz de tubos son obstáculos considerables para conseguir una solución mecánica a este problema. Por tanto, los diseños de conjuntos de barras antivibratorias actuales no restringen de manera significativa el movimiento en el plano de los tubos.

15 **Sumario**

Estas exigencias y otras se satisfacen mediante un diseño de acuerdo con la reivindicación 1 y con un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9.

El concepto divulgado en el que una barra antivibratoria maciza que presenta un grosor incrementado está estructurado para quedar alojado dentro de un haz de tubos.

20 De acuerdo con un aspecto del concepto divulgado, se proporciona un generador de vapor. El generador de vapor presenta un lado primario para hacer circular un fluido calentado y un lado secundario para hacer circular un fluido para ser calentado dentro del lado primario. El generador de vapor incluye: una cabeza de canal para recibir el fluido calentado; una placa tubular que separa la cabeza de canal del lado secundario; un haz de tubos que presenta una pluralidad de tubos, dispuestos en filas y columnas, extendiéndose el haz de tubos desde la cabeza de canal, a través de la placa tubular y a través de al menos una porción del lado secundario; y una primera pluralidad de barras antivibratorias macizas. La pluralidad de tubos incluye una primera columna de tubos, comprendiendo la primera columna de tubos un primer tubo que presenta una línea central curvada dispuesta en un primer plano. La pluralidad de tubos incluye además una segunda columna de tubos, estando cada una de la primera pluralidad de barras antivibratorias dispuesta entre la primera columna de tubos y la segunda columna de tubos. La segunda columna de tubos comprende un segundo tubo que presenta una línea central curvada dispuesta en un segundo plano, siendo el segundo plano paralelo a y separado por una distancia del primer plano. Cada uno de los tubos presenta un diámetro exterior de tubo. Cada una de la primera pluralidad de barras antivibratorias presenta un grosor genéricamente transversal al primero y el segundo planos. El grosor de cada una de la primera pluralidad de barras antivibratorias es mayor que la distancia entre los primero y segundo planos menos el diámetro exterior de tubo.

35 De acuerdo con otro aspecto del concepto divulgado, se proporciona un procedimiento para proteger contra la vibración unos tubos situados dentro de un generador de vapor, estando los tubos dispuestos en un haz de tubos y colocados en filas y columnas, con calles entre las columnas. El procedimiento comprende: la provisión de una primera columna de tubos, comprendiendo la primera columna de tubos un primer tubo que presenta una línea central curvada dispuesta en un primer plano; la provisión de una primera pluralidad de barras antivibratorias macizas; y la provisión de una segunda columna de tubos, estando cada una de la primera pluralidad de barras antivibratorias dispuesta entre la primera columna de tubos y la segunda columna de tubos, comprendiendo la segunda columna de tubos un segundo tubo que presenta una línea central curvada dispuesta en un segundo plano, siendo el segundo plano paralelo a y separado por una distancia del primer plano. Cada uno de los tubos presenta un diámetro exterior de tubo. Cada una de la primera pluralidad de barras antivibratorias presenta un grosor genéricamente transversal a los primero y segundo planos. El grosor de cada una de la primera pluralidad de barras antivibratorias es mayor que la distancia entre el primero y segundo planos menos el diámetro exterior de tubo.

Breve descripción de los dibujos

Una comprensión total del concepto divulgado se puede obtener a partir de la descripción subsecuente de las formas de realización preferentes tomadas en combinación con los dibujos que se acompañan, en los que:

50 La Figura 1 es una vista en perspectiva, parcialmente recortada, de un tubo vertical y de un generador de vapor con carcasa;

la Figura 2 es una sección transversal esquemática de una porción de un haz de tubos de un generador de vapor con barras antivibratorias;

55 la Figura 3 es una sección transversal esquemática de una porción de un haz de tubos de un generador de vapor con barras antivibratorias de acuerdo con una forma de realización del concepto divulgado;

la Figura 4A es una vista frontal esquemática de una pluralidad de tubos del haz de tubos de la Figura 3;

la Figura 4B es una vista lateral esquemática de los tubos de la Figura 4A;

la Figura 4C es una vista isométrica esquemática de los tubos de la Figura 4A;

5 la Figura 5 es una sección transversal esquemática de una porción de un haz de tubos de un generador de vapor con barras antivibratorias de acuerdo con una forma de realización alternativa del concepto divulgado;

la Figura 6A es una sección transversal esquemática de una porción de un haz de tubos de un generador de vapor con barras antivibratorias de acuerdo con otra forma de realización del concepto divulgado;

la Figura 6B es una sección transversal esquemática del haz de tubos de la Figura 6A con las barras antivibratorias desplazadas; y

10 la Figura 7 es una sección transversal esquemática, de una porción de un haz de tubos de un generador de vapor con barras antivibratorias de acuerdo con una forma de realización adicional del concepto divulgado.

Breve descripción de formas de realización preferentes

Con referencia ahora a los dibujos, la Figura 1 muestra un generador de vapor 2, que utiliza una pluralidad de tubos cambiadores de calor 3 que forman un haz de tubos 4 para proporciona la superficie de calentamiento requerida para transferir calor a partir del fluido primario para vaporizar o hervir el fluido secundario. El generador de vapor 2 comprende una vasija que presenta una porción de carcasa tubular orientada verticalmente 6 y un espacio cerrado superior o cabeza abovedada 8 que encierra el extremo superior y una cabeza de canal de forma genéricamente semiesférica 10 encierra el extremo inferior. La porción de carcasa inferior 6 tiene un diámetro menor que la porción de carcasa superior 12 y una transición de forma frustocónica 14 conecta la porción superior y las porciones inferiores. Una placa tubular 16 está fijada a la cabeza de canal 10 y presenta una pluralidad de agujeros 18 dispuestos en su interior para recibir los extremos de los tubos 3. Una placa divisoria 22 está dispuesta en posición central de la cabeza de canal 10 para dividir la cabeza de canal 10 en dos compartimentos 24, 26, que sirven como distribuidores del haz de tubos 4. Un compartimento 26 es el compartimento de entrada de fluido primario y presenta una tobera de entrada de fluido primario 27 en comunicación de fluido con aquél. El compartimento 24 es el compartimento de salida de fluido primario y presenta una tobera de salida de fluido primario 28 en comunicación de fluido con él. Así, el fluido primario, esto es, el refrigerante del reactor que entra en el compartimento de fluido 26 viene a fluir a través del haz de tubos 4 y sale a través de la tobera de salida 28.

El haz de tubos 4 está rodeado por una envuelta 30 que forma un paso anular 32 entre la envuelta 30 y la carcasa y las porciones de transición 6, 14, respectivamente. La parte superior de la envuelta 30 está cubierta por una placa de piso inferior 34 que incluye una pluralidad de aberturas 36 en comunicación de fluido con una pluralidad de tubos ascendentes 38. Unas aletas difusoras 40 están dispuestas dentro de los tubos ascendentes 38 para hacer que el vapor fluya a su través para girar y eliminar de manera centrífuga parte de la humedad contenida dentro del vapor cuando fluye a través de este separador centrífugo primario. El agua separada del vapor en este separador primario es devuelta a la superficie superior de la placa de piso inferior 34. Después de fluir a través del separador centrífugo primario, el vapor pasa a través de un separador secundario 42 antes de llegar a una tobera de salida de vapor 44 dispuesta en posición central dentro de la cabeza abovedada 8. El agua separada del vapor en el separador secundario 42 es devuelta para mezclarse con el agua devuelta procedente del separador primario por encima de la placa de piso inferior 34.

La estructura de entrada de agua de alimentación de este generador de vapor 2 incluye una tobera de entrada de agua de alimentación 46 que presenta una porción genéricamente horizontal denominada anillo de alimentación 48 y unas toberas de descarga 50 elevadas por encima del anillo de alimentación 48. El agua de alimentación, que es suministrada a través de la tobera de entrada de agua de alimentación 46, pasa a través del anillo de agua de alimentación 48, sale a través de las toberas de descarga 50 y se mezcla con el agua que fue separada del vapor y es puesto de nuevo en circulación. La mezcla, a continuación, fluye hacia abajo por encima de la placa de piso inferior 34 por dentro del paso de bajante anular 32. El agua, a continuación, entra en el haz de tubos 4 en la porción inferior de la envuelta 30 y fluye por entre los tubos 3 y hacia arriba del haz de tubos 4 donde es calentada para generar vapor.

Según se mencionó anteriormente, el haz de tubos 4 presenta una pluralidad de barras antivibratorias (no mostradas en la Figura 1) situadas entre los tubos 3. La Figura 2 muestra una porción de un haz de tubos 100 que incluye una pluralidad decolumnas de tubos 110, 130, 150. Situada entre la primera columna de tubos 110 y la segunda columna de tubos 130 está una barra antivibratoria 120. Situada entre la segunda columna de tubos 130 y la tercera columna de tubos 150 está una barra antivibratoria 140. La barra antivibratoria 120 tiene un grosor 122 y la barra antivibratoria 140 tiene un grosor 142. Como se aprecia, dado que las barras antivibratorias 120, 140 son lineales, el grosor 122, 142 está restringido por una distancia 101 entre las columnas de tubos 110, 130, 150. Como resultado de ello, en funcionamiento, las barras antivibratorias 120, 140 no reducen de manera significativa la cantidad de posible movimiento en el plano dentro de las columnas de tubos 110, 130, 150.

Como se analizará en conexión con las Figuras 3 a 7, la vibración en el plano puede ser reducida de manera considerable mediante la inclusión de una pluralidad de barras antivibratorias mejoradas 220, 240, 320, 460, 480, 520. Con referencia a la Figura 3, se muestra la sección transversal de una porción dentro de un codo con forma de U de un haz de tubos 200 de un generador de vapor (no mostrado). El haz de tubos 200 incluye una pluralidad de columnas 210, 230, 250, en el que cualesquiera dos tubos adyacentes presentan una distancia igual 203 (sometida a tolerancia de fabricación) entre sus centros (por ejemplo, un paso triangular). Aunque el concepto divulgado se describirá en asociación con un paso triangular se debe apreciar que el concepto divulgado podría ser utilizado con orientaciones alternativas por ejemplo sin limitación, un haz de tubos (no mostrado) con tubos que presentaran un paso en cuadrado rotado 45 grados).

La primera columna de tubos 210 puede estar o bien en la parte media del haz de tubos 200 o puede estar en un extremo. Situada entre la primera columna de tubos 210 y la segunda columna de tubos 230 se encuentra una barra antivibratoria 220. La barra antivibratoria 220 es maciza y tiene un grosor 222. Con referencia a las Figuras 3 a 4C, la primera columna de tubos 210 incluye un tubo 212 que presenta una línea central curvada 214 situada en un plano 216. De modo similar, la segunda columna de tubos 230 incluye un tubo 232 que presenta una línea central curvada 234 situada en un plano 236. Como se aprecia en la Figura 3, el plano 216 y el plano 236 son paralelos y están separados por una distancia 206. La distancia 206 es sustancialmente igual a dos veces un radio exterior 202 (por ejemplo, un diámetro exterior del tubo 204) más una distancia 201. La distancia 201 se corresponde con una distancia 101 mostrada en la Figura 2.

Como se aprecia en la Figura 3, el grosor 222 de la barra antivibratoria 220 es genéricamente transversal a los planos 216, 236 y mayor que la distancia 201 entre las columnas de tubos 210, 230. También con referencia a la Figura 3, situada entre la segunda columna de tubos 230 y la tercera columna de tubos 250 segunda una segunda barra antivibratoria 240. De modo similar a la barra antivibratoria 220, la barra antivibratoria 240 es maciza y tiene un grosor 242. Con referencia a las Figuras 3 a 4C, la tercera columna de tubos 250 incluye un tubo 252 que presenta una línea central curvada 254 situada en un plano 256. El plano 256 es paralelo a y está separado por una distancia 208 del plano 236. La distancia 208 es sustancialmente igual a dos veces el radio 202 (por ejemplo el diámetro exterior del tubo 204) más la distancia 201.

De modo similar al grosor 222 de la barra antivibratoria 220, el grosor 242 de la barra antivibratoria 240 es genéricamente transversal a los planos 236, 256 y es menor que la distancia 201 entre las columnas de tubos 230, 250. En funcionamiento, este grosor incrementado impide un movimiento en el plano considerable (véanse, por ejemplo, los planos 216, 236, 256) en las columnas de los tubos 210, 230, 250, que se corresponden de manera ventajosa con una reducción considerable de la vibración en el plano dentro del haz de tubos 200. Como se aprecia en la Figura 3, la barra antivibratoria 220 incluye una pluralidad de codos 224 que están curvados y están estructurados para serpentear entre la primera columna de tubos 210 y la segunda columna de tubos 230.

De modo similar, la barra antivibratoria 240 incluye una pluralidad de codos 244 que están curvados y estructurados para serpentear entre la segunda columna de tubos 230 y la tercera columna de tubos 250. Los codos 224, 244 permiten que los grosores 222, 242 de las barras antivibratorias 220, 240 sean mayores que los grosores 122, 142 de las barras antivibratorias 120, 140. Así mismo, aunque los grosores 122, 142 de las barras antivibratorias 120, 140 no son mayores que la distancia 101, los grosores 222, 242 de las barras antivibratorias 220, 240 están únicamente limitadas por la distancia 203 entre centros adyacentes menos dos veces el radio 202 (por ejemplo, el diámetro exterior de tubo 204).

La Figura 5 muestra una porción dentro de un codo con forma de U de un haz de tubos 300 de un generador de vapor (no mostrado) de acuerdo con una forma de realización alternativa del concepto divulgado. Como se aprecia, el haz de tubos 300 incluye una barra antivibratoria 320 que está situada entre una primera columna de tubos 310 y una segunda columna de tubos 330. La primera columna de tubos 310 puede, o bien estar en la parte media del haz de tubos 300 o puede estar en un extremo. Así mismo, la primera columna de tubos 310 incluye un tubo 312 que presenta una línea central curvada (no mostrada) que está situada en un plano 316. La segunda columna de tubos 330 incluye un tubo 332 que presenta una línea central curvada (no mostrada) que está situada en un plano 336. El plano 336 es paralelo a y separado por una distancia 306 del plano 316. De modo similar a las barras antivibratorias 220, 240, la barra antivibratoria 320 tiene un grosor 322. El grosor 322 es genéricamente transversal a los planos 316, 336 y es mayor que una distancia 301 entre las columnas de tubo 310, 330.

Como se muestra, la distancia 301 se corresponde con la distancia 306 menos dos veces un radio 302 (por ejemplo, un diámetro exterior de tubo 304). De manera similar a la de las barras antivibratorias 220, 240, la barra antivibratoria 320 está estructurada para serpentear entre la primera columna de tubos 310 y la segunda columna de tubos 330. Sin embargo, mientras las barras antivibratorias 220, 240 incluyen una pluralidad de codos 224, 244 que están curvados, la barra antivibratoria 320 incluye una pluralidad de codos 324 que adoptan sustancialmente una forma en zigzag. Los codos 324 de la barra antivibratoria 320, como los codos 224, 244 de las barras antivibratorias 220, 240, permiten que la barra antivibratoria 320 presente un grosor incrementado 322. Así mismo, de modo similar a las barras antivibratorias 220, 240, en funcionamiento, el grosor incrementado 322 de la barra antivibratoria 320 impide un movimiento significativo en el plano (véanse, por ejemplo, los planos 316, 336) con las columnas de tubos 310, 330 que se corresponde ventajosamente con una reducción significativa de la vibración en el plano dentro del haz de tubos 300.

La Figura 6A muestra una porción dentro de un codo con forma de U de un haz de tubos 400 que incluye una pluralidad de barras antivibratorias 460, 480. La barra antivibratoria 460 está situada entre una primera columna de tubos 410 y una segunda columna de tubos 430. La primera columna de tubos 410 puede estar, o bien, en la parte media del haz de tubos 400 o bien en un extremo. La barra antivibratoria 480 está situada entre la segunda columna de tubos 430 y una tercera columna de tubos 450. De modo similar a las barras antivibratorias 220, 240, las barras antivibratorias 460, 480 incluyen una pluralidad de codos 464, 484 que están estructurados para serpentear entre las columnas de tubos 410, 430, 450. Sin embargo, las barras antivibratorias 460, 480 son menos gruesas que las barras antivibratorias 220, 240.

Como se aprecia en la Figura 6A, la primera columna de tubos 410 incluye un tubo 412 y la segunda columna de tubos 430 incluye un tubo 432, estando la barra antivibratoria 460 situada adyacente a los tubos 412, 432. Dado que la barra antivibratoria 460 es menos gruesa, hay unos espacios libres (véase, por ejemplo, el espacio libre 467) entre la barra antivibratoria 460 y los tubos 412, 432. De modo similar, la barra antivibratoria 480 está situada en posición adyacente al tubo 432 y a cada uno de los tubos de la tercera columna de tubos 450. Dado que la barra antivibratoria 480 es menos gruesa, hay unos espacios libres (véase, por ejemplo, el espacio libre 487) entre la barra antivibratoria 480 y los tubos de la segunda columna de tubos 430 y de la tercera columna de tubos 450.

Como se aprecia, la barra antivibratoria 460 está sustancialmente situada a lo largo del eje geométrico longitudinal 465 y la barra antivibratoria 480 está sustancialmente situada a lo largo de un eje geométrico longitudinal 485. La Figura 6B muestra una porción de un haz de tubos 400' en la que las barras antivibratorias 460, 480 han sido desplazadas a lo largo de los ejes geométricos longitudinales 465, 485. Como se aprecia en las Figuras 6A y 6B, la barra antivibratoria 460 está desplazada en una primera dirección 461 a lo largo del eje geométrico longitudinal 465. La barra antivibratoria 480 está desplazada en una segunda dirección 481 a lo largo del eje geométrico longitudinal 485. La primera dirección 471 y la segunda dirección 481 son sustancialmente paralelas a y opuestas entre sí. las barras antivibratorias 460, 480 pueden ser desplazadas mediante su traccionamiento y / o empuje después de la fabricación del haz de tubo por un operario o mediante el empleo de un mecanismo apropiado conocido en la técnica.

Como se aprecia en la Figura 6B, cuando la barra antivibratoria 460 se desplaza en la primera dirección 461 a lo largo del eje geométrico longitudinal 465, la barra antivibratoria 460 encaja con el tubo 412 de manera que no existe ningún espacio libre (o el espacio libre 467 visto en la Figura 6A sustancialmente disminuye de tamaño). De modo similar, cuando la barra antivibratoria 480 se desplaza en la segunda dirección 481 a lo largo del eje geométrico longitudinal 485, la barra antivibratoria 480 encaja con el tubo 432 de manera que no hay ningún espacio libre (o el espacio libre 487 visto en la Figura 6A sustancialmente disminuye de tamaño). De esta manera, los espacios libres (véanse, por ejemplo, los espacios 467, 487 en la Figura 6A) entre las barras antivibratorias 460, 480 y los tubos de las columnas de tubos 410, 430, 450 disminuyen de tamaño, reduciendo aún más la cantidad de posible movimiento en el plano.

La Figura 7 muestra una porción dentro de un codo con forma de U de un haz de tubos 500 de un generador de vapor (no mostrado) de acuerdo con una forma de realización alternativa del concepto divulgado. Como se aprecia, el haz de tubos 500 incluye una pluralidad de columnas de tubos 510, 530, 550. La primera columna de tubos 510 puede estar o bien en la parte media del haz de tubos 500 o puede estar en un extremo. Situada entre la primera columna de tubos 510 y la segunda columna de tubos 530 se encuentra una barra antivibratoria 520. La barra antivibratoria 520 es sustancialmente similar a las barras antivibratorias 220, 240, presentando un grosor 522 genéricamente transversal a los planos 516, 536 y mayor que una distancia 501 entre las columnas de tubos 510, 530.

Situada entre la segunda columna de tubos 530 y la tercera columna de tubos 550 se encuentra una barra antivibratoria 540 que es sustancialmente igual a otras barras antivibratorias 120, 140 vistas en la Figura 2. La barra antivibratoria 540 tiene un grosor 542 genéricamente transversal al plano 536, que es paralelo a y está separado por una distancia 508 de un plano 556. El grosor 542 de la barra antivibratoria 540 es inferior al grosor 522 de la barra antivibratoria 520. De modo similar a los grosores 122, 142 de las barras antivibratorias 120, 140, el grosor 542 está restringido por la distancia 501 y puede ser sustancialmente igual a, pero no mayor de la distancia 501. Como se aprecia, la barra antivibratoria 540 es sustancialmente lineal, sin que presente ningún codo o curvatura a lo largo de su eje geométrico longitudinal.

De esta manera, la vibración en el plano dentro del haz de tubos 500 puede ser significativamente reducida mediante la inclusión de la barra antivibratoria 520 al tiempo que pueden ahorrarse ventajosamente los costes mediante la inclusión de la barra antivibratoria 540 de acuerdo con los diseños existentes. La Figura 7 muestra una de las muchas formas de realización alternativas que se incluyen en el alcance del concepto divulgado. Por ejemplo, y sin limitación, se incluye en el alcance del concepto divulgado la incorporación de un número indeterminado de barras antivibratorias 220, 240, 320, 460, 480, 520 que estén dispuestas en cualquier configuración con las barras antivibratorias existentes 120, 140, 540. Así mismo, se entiende también que las barras antivibratorias 220, 240, 320, 460, 480, 520, 540 están fijadas a una estructura o estructuras (no mostradas) que se extienden alrededor de los haces de tubos en una de las diversas maneras conocidas en la técnica.

5 La descripción precedente de la invención ha sido presentada con fines de ilustración y descripción. No se pretende ser exhaustivo o limitar la invención a la forma precisa divulgada, y otras modificaciones y variaciones pueden ser posibles a la luz de las enseñanzas expuestas. Las formas de realización fueron escogidas y descritas con el fin de explicar de forma óptima los principios de la invención y su aplicación práctica para de esta forma hacer posible que otros expertos en la materia utilicen del mejor modo la invención en diversas formas de realización y diversas modificaciones en cuanto estén indicadas para un uso particular contemplado.

Tal como se emplea en la presente memoria, el término "macizo" significa que está dispuesto sin ninguna cavidad o abertura interna. Según se emplea en la presente memoria, el término "número" significa uno o un número entero mayor de uno (esto es, una pluralidad).

10

REIVINDICACIONES

1.- Un generador de vapor (2) que presenta un lado primario para hacer circular un fluido calentado y un lado secundario para hacer circular un fluido para ser calentado por el fluido calentado que circula por dentro del lado primario, comprendiendo el generador de vapor:

5 una cabeza de canal (10) para recibir el fluido calentado;

una placa tubular (16) que separa la cabeza de canal del lado secundario;

un haz de tubos (200, 300, 500) que presenta una pluralidad de tubos, dispuestos en filas y columnas, extendiéndose el haz de tubos desde la cabeza de canal, pasando por la placa tubular y por al menos una porción del lado secundario; y

10 una primera pluralidad de barras antivibratorias macizas (220, 320, 520),

en el que la pluralidad de tubos comprende:

una primera columna de tubos (210, 310, 510) comprendiendo la primera columna de tubos un primer tubo (212, 312) que presenta una línea central curvada (214) dispuesta en un primer plano (216, 316, 516) y una segunda columna de tubos (230, 330, 530), estando dispuesta cada una de la primera pluralidad de barras antivibratorias entre la primera columna de tubos y la segunda columna de tubos, comprendiendo la segunda columna de tubos un segundo tubo (232, 332) que presenta una línea central curvada (234) dispuesta en un segundo plano (236, 336, 536), siendo el segundo plano paralelo a y estando separado por una distancia (206, 306) del primer plano,

15 en el que cada uno de los tubos tiene un diámetro exterior de tubo (204, 304);

20 en el que cada una de la primera pluralidad de barras antivibratorias tiene un grosor (222, 322, 522) genéricamente transversal al primero y al segundo planos;

en el que el grosor de cada una de la primera pluralidad de barras antivibratorias es mayor que la distancia entre el primero y el segundo planos menos el diámetro exterior de tubo;

caracterizado porque

25 cada uno de la primera pluralidad de barras antivibratorias está sustancialmente dispuesta sobre un eje geométrico longitudinal; y

cada una de la primera pluralidad de barras antivibratorias presenta una línea central curvada que cruza el eje geométrico longitudinal.

30 2.- El generador de vapor (2) de la Reivindicación 1, en el que cada una de la primera pluralidad de barras antivibratorias (220, 520) comprende una pluralidad de codos (224, 524); en el que los codos de cada una de la primera pluralidad de barras antivibratorias serpentean entre la primera columna de tubos (210, 4510) y la segunda columna de tubos (230, 530); y en el que los codos de cada una de la primera pluralidad de barras antivibratorias están curvados.

35 3.- El generador de vapor (2) de la Reivindicación 1, en el que cada una de la primera pluralidad de barras antivibratorias (320) comprende una pluralidad de codos (324); en el que los codos de cada una de la primera pluralidad de barras antivibratorias serpentean entre la primera columna de tubos (310) y la segunda columna de tubos (330); y en el que los codos de cada una de la primera pluralidad de barras antivibratorias están sustancialmente dispuestos en zigzag.

40 4.- El generador de vapor (2) de la Reivindicación 1, que comprende además una segunda pluralidad de barras antivibratorias macizas (240);

en el que la pluralidad de tubos comprende además una tercera columna de tubos (250);

en el que cada una de la segunda pluralidad de barras antivibratorias está dispuesta entre la segunda columna de tubos (230) y la tercera columna de tubos;

45 en el que la tercera columna de tubos comprende un tercer tubo (252) que presenta una línea central curvada (254) dispuesta en un tercer plano (256);

en el que el tercer plano es paralelo a y está separado por una distancia (208) del segundo plano (236);

en el que cada una de la segunda pluralidad de barras antivibratorias presenta un grosor (242) genéricamente transversal a los segundo y tercer planos; y

en el que el grosor de cada una de la segunda pluralidad de barras antivibratorias es mayor que la distancia entre el segundo y tercer planos menos el diámetro exterior de tubo (204).

5 5.- El generador de vapor (2) de la Reivindicación 4, en el que la pluralidad de tubos presenta un paso triangular, en el que el haz de tubos (200) comprende un codo con forma de U; y en el que cada una de la primera pluralidad de barras antivibratorias (220) y de la segunda pluralidad de barras antivibratorias (240) está dispuesta en el codo con forma de U.

10 6.- El generador de vapor (2) de la Reivindicación 4, en el que la pluralidad de tubos presenta un paso cuadrado rotado; en el que el haz de tubos (200) comprende un codo con forma de U; y en el que cada una de la primera pluralidad de barras antivibratorias (220) y de la segunda pluralidad de barras antivibratorias (240) está dispuesta en el codo con forma de U.

7.- El generador de vapor (2) de la Reivindicación 1, que comprende además una segunda pluralidad de barras antivibratorias (540);

en el que la pluralidad de tubos comprende además una columna de tubos (550);

15 en el que cada una de la segunda pluralidad de barras antivibratorias está dispuesta entre la segunda columna de tubos (530) y la tercera columna de tubos:

en el que la tercera columna de tubos comprende un tercer tubo que presenta una línea central curvada dispuesta en un tercer plano (556);

en el que el tercer plano es paralelo a y está separado por una distancia (508) del segundo plano (556),

20 en el que cada una de la pluralidad de segundas barras antivibratorias presentan un grosor (542) genéricamente transversal al segundo y tercer planos; y

en el que el grosor de cada una de la segunda pluralidad de barras antivibratorias es inferior al grosor (522) de cada una de la primera pluralidad de barras antivibratorias (520).

25 8.- El generador de vapor (2) de la Reivindicación 7, en el que el grosor (542) de cada una de la segunda pluralidad de barras antivibratorias (540) es sustancialmente igual a la distancia (508) entre el segundo y tercer planos (536, 556) menos el diámetro exterior de tubo.

9.- Un procedimiento de protección contra la vibración de tubos dentro de un generador de vapor (2), estando los tubos dispuestos en un haz de tubos (200, 300, 400, 400', 500) y ordenados en filas y columnas, con calle entre las columnas, comprendiendo el procedimiento:

30 la provisión de una primera columna de tubos (210, 310, 410, 510), comprendiendo la primera columna de tubos un primer tubo (212, 312, 412) que presenta una línea central curvada (214) dispuesta en un primer plano (216, 316, 516);

la provisión de una primera pluralidad de barras antivibratorias macizas (220, 320, 460, 520); y

35 la provisión de una segunda columna de tubos (230, 330, 430, 530) estando cada una de la primera pluralidad de barras antivibratorias dispuesta entre la primera columna de tubos y la segunda columna de tubos, comprendiendo la segunda columna de tubos un segundo tubo (232, 332, 432), que presenta una línea central curvada (234) dispuesta en un segundo plano (236, 336, 536) siendo el segundo plano paralelo a y estando separado por una distancia (206, 306) del primer plano;

en el que cada uno de los tubos presenta un diámetro exterior del tubo (204, 304);

40 en el que cada una de la primera pluralidad de barras antivibratorias tiene un grosor (222, 322, 522) genéricamente transversal a los primero y segundo planos;

en el que el grosor de cada una de la primera pluralidad de barras antivibratorias es mayor que la distancia entre los primero y segundo planos menos el diámetro exterior de tubo;

en el que cada una de la primera pluralidad de barras antivibratorias está sustancialmente dispuesta sobre un eje geométrico longitudinal; y

45 en el que cada una de la primera pluralidad de barras antivibratorias presenta una línea central curvada que cruza el eje geométrico longitudinal.

10.- El procedimiento de la Reivindicación 9, en el que cada una de la primera pluralidad de barras antivibratorias (220, 460, 520) comprende una pluralidad de codos (224, 464, 524); en el que los codos de cada una de la primera pluralidad de barras antivibratorias se serpentean entre la primera columna de tubos (210, 410, 510) y la segunda

columna de tubos (230, 430, 530); y en el que los codos de cada una de la primera pluralidad de barras antivibratorias están curvados.

5 11.- El procedimiento de la Reivindicación 9, en el que cada una de la primera pluralidad de barras antivibratorias (320) comprende una pluralidad de codos (324); en el que los codos de cada una de la primera pluralidad de barras antivibratorias serpentean entre la primera columna de tubos (310) y la segunda columna de tubos (330); y en el que los codos de cada una de la primera pluralidad de barras antivibratorias presenta sustancialmente forma de zigzag.

12.- El procedimiento de la Reivindicación 9, que comprende además:

la provisión de una segunda pluralidad de barras antivibratorias macizas (240, 480);

10 y la provisión de una tercera columna de tubos (250, 450) estando cada una de la segunda pluralidad de barras antivibratorias dispuesta entre la segunda columna de tubos (230, 430) y la tercera columna de tubos, comprendiendo la tercera columna de tubos un tercer tubo (252) que presenta una línea central curvada (254) dispuesta en un tercer plano (256), siendo el tercer plano paralelo a y estando separando por una distancia (208) del segundo plano (236);

15 en el que cada una de la segunda pluralidad de barras antivibratorias tiene un grosor (242) genéricamente transversal al segundo y al tercer planos; y en el que el grosor de cada una de la segunda pluralidad de barras antivibratorias es mayor que la distancia entre el segundo y el tercer planos menos el diámetro exterior de tubo (204).

20 13.- El procedimiento de la Reivindicación 12, en el que la primera pluralidad de barras antivibratorias (460) comprende una primera barra antivibratoria sustancialmente dispuesta a lo largo de un primer eje geométrico longitudinal (465); en el que la segunda pluralidad de barras antivibratorias (480) comprende una segunda barra antivibratoria sustancialmente dispuesta a lo largo de un segundo eje geométrico longitudinal (485) paralelo al primer eje geométrico longitudinal; en el que la primera barra antivibratoria está dispuesta adyacente al primer tubo (412) y al segundo tubo (432); en el que la segunda barra antivibratoria está dispuesta adyacente al segundo tubo y al tercer tubo; en el que hay un primer espacio libre (467) entre la primera barra antivibratoria y el primer tubo y un segundo espacio libre entre la primera barra antivibratoria y el segundo tubo; y en el que hay un tercer espacio libre (487) entre la segunda barra antivibratoria y el segundo tubo y un cuarto espacio libre entre la segunda barra antivibratoria y el tercer tubo, comprendiendo además el procedimiento:

el desplazamiento de la primera barra antivibratoria en una primera dirección (461) a lo largo del primer eje geométrico longitudinal; y

30 el desplazamiento de la segunda barra antivibratoria en una segunda dirección (481) a lo largo del segundo eje geométrico longitudinal, siendo la segunda dirección opuesta a la primera dirección, presentando cada espacio libre entre el primero, el segundo, el tercero y el cuarto espacios libres un tamaño que decrece cuando la primera barra antivibratoria es desplazada en la primera dirección y la segunda barra antivibratoria es desplazada en la segunda dirección.

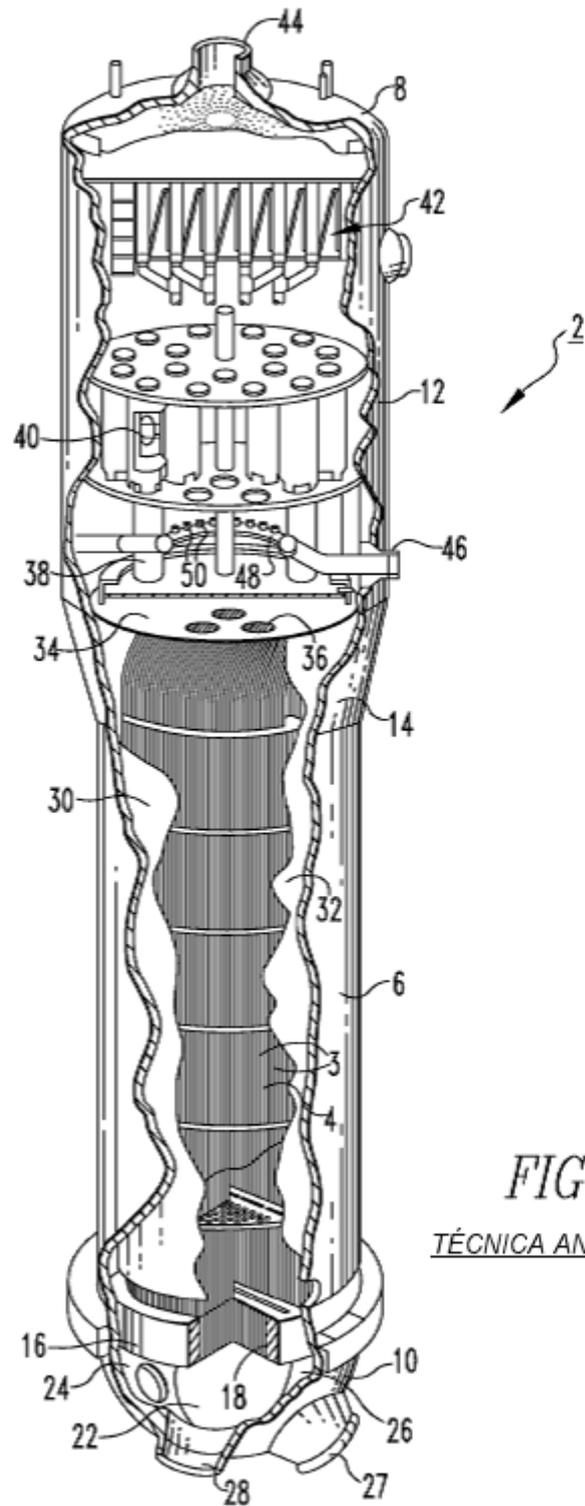
35 14.- El procedimiento de la Reivindicación 13, en el que los tubos presentan un paso triangular; en el que el haz de tubos (400) comprende un codo con forma de U; y en el que cada una de la primera pluralidad de barras antivibratorias (460) y de la segunda pluralidad de barras antivibratorias (480) está dispuesta en el codo con forma de U.

15.- El procedimiento de la reivindicación 9 que comprende además:

40 la provisión de una segunda pluralidad de barras antivibratorias (540); y

la provisión de una tercera columna de tubos (550), estando cada una de la segunda pluralidad de barras antivibratorias dispuesta entre la segunda columna de tubos (530) y la tercera columna de tubos, comprendiendo la tercera columna de tubos un tercer tubo que presenta una línea central curvada dispuesta en un tercer plano (556), siendo el tercer plano paralelo a y estando separado por una distancia (508) del segundo plano (536);

45 en el que cada una de la segunda pluralidad de barras antivibratorias tiene un grosor (542) genéricamente transversal al segundo y tercer planos; y en el que el grosor de cada una de la segunda pluralidad de barras antivibratoria es inferior al grosor (522) de cada una de la primera pluralidad de barras antivibratorias (520).



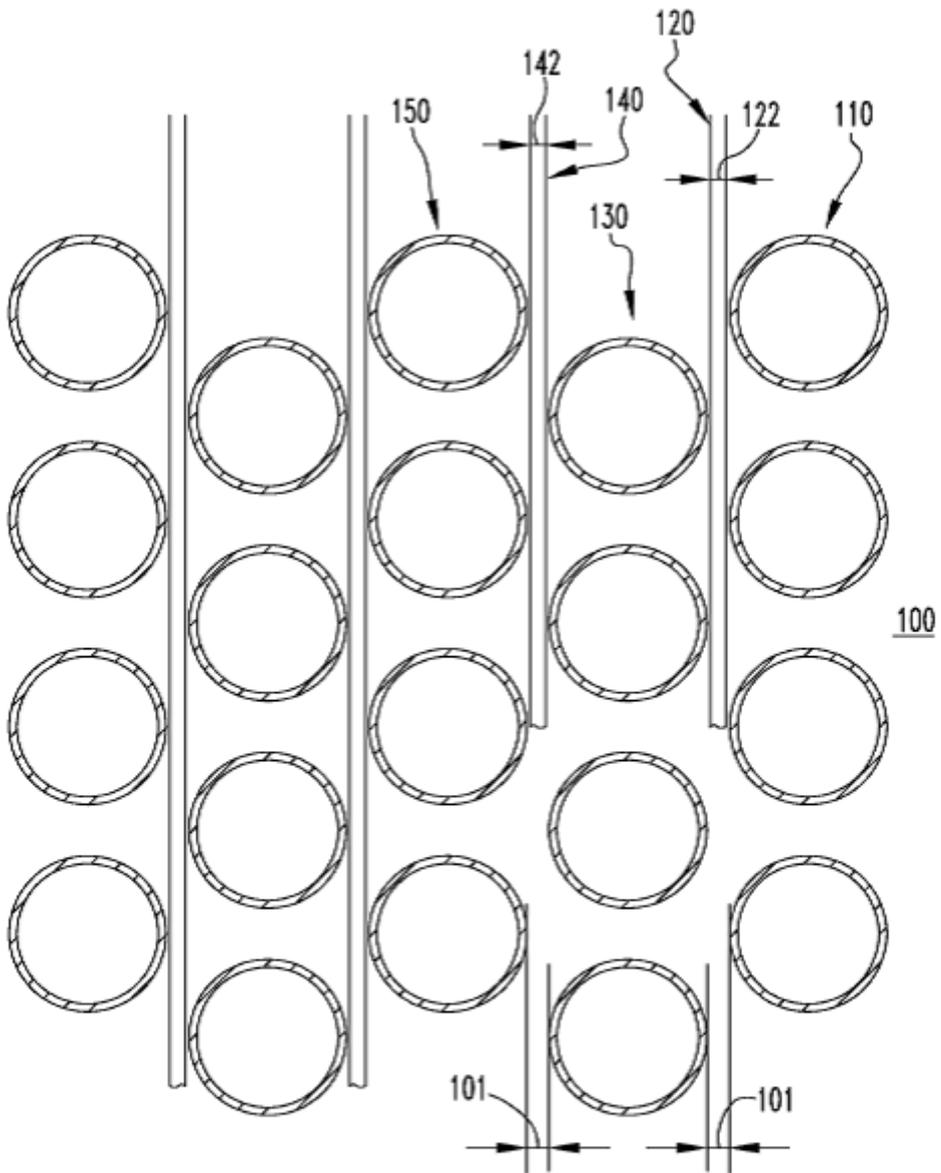


FIG.2

TÉCNICA ANTERIOR

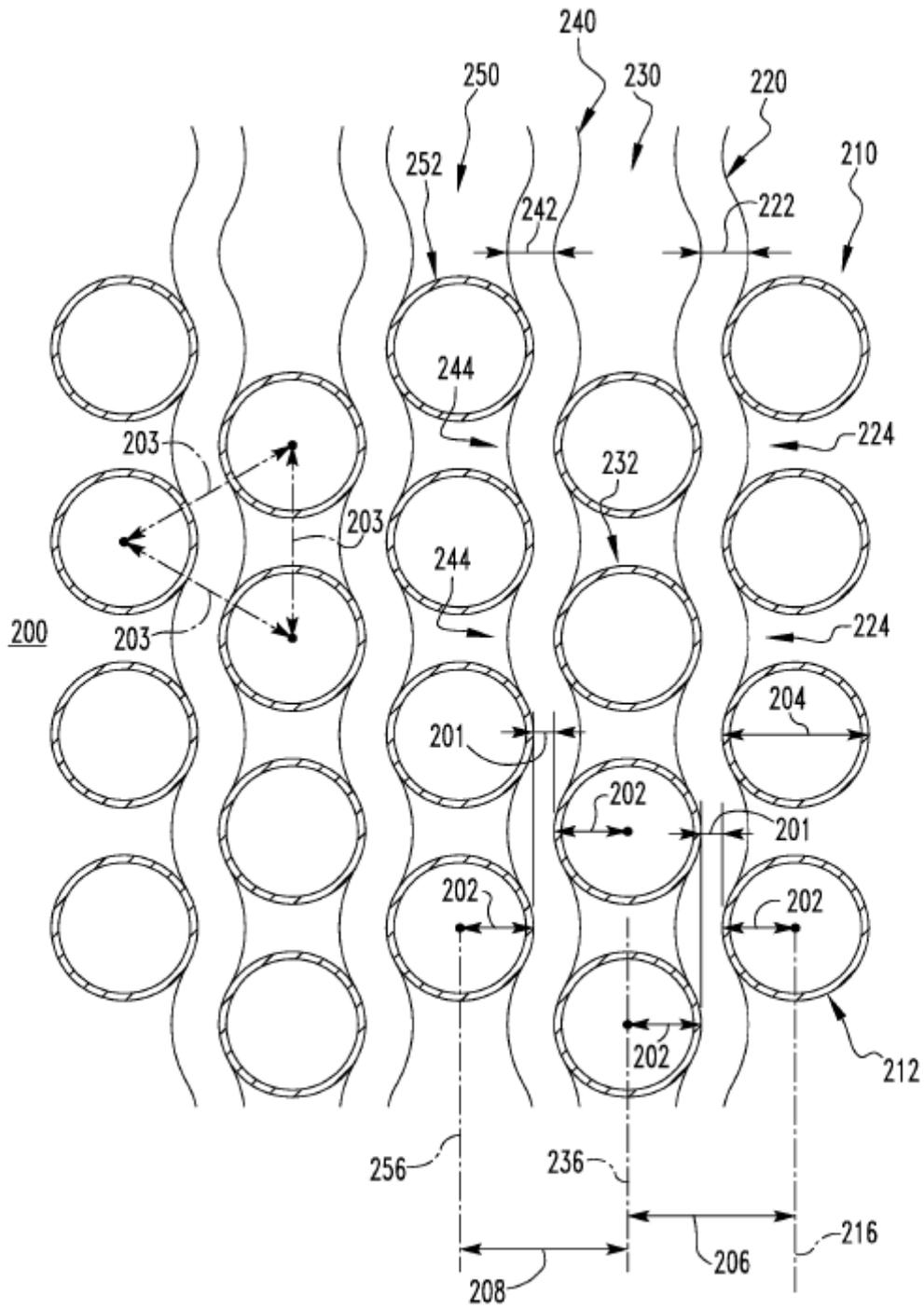
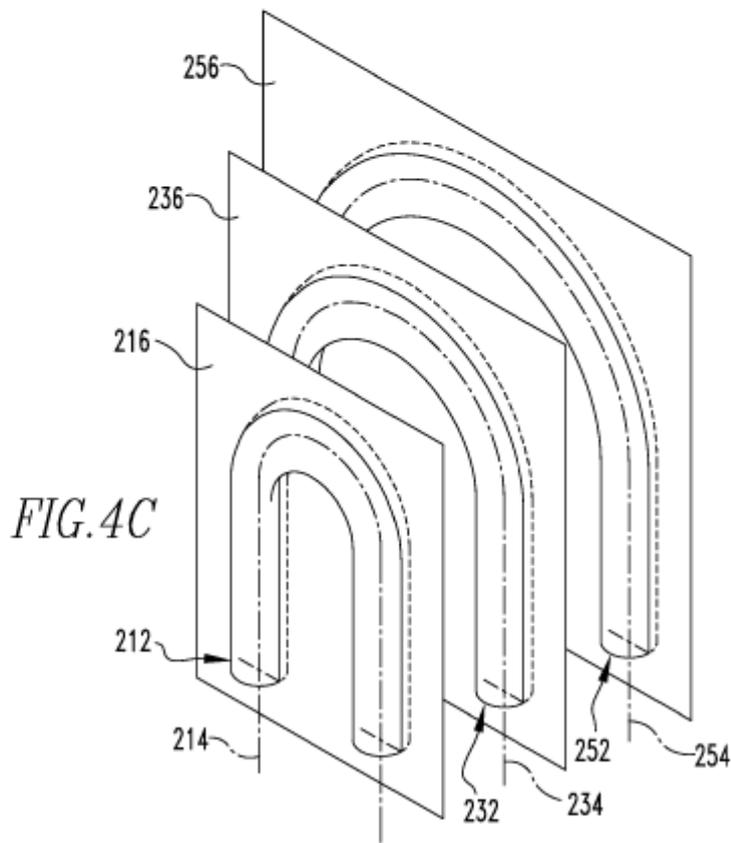
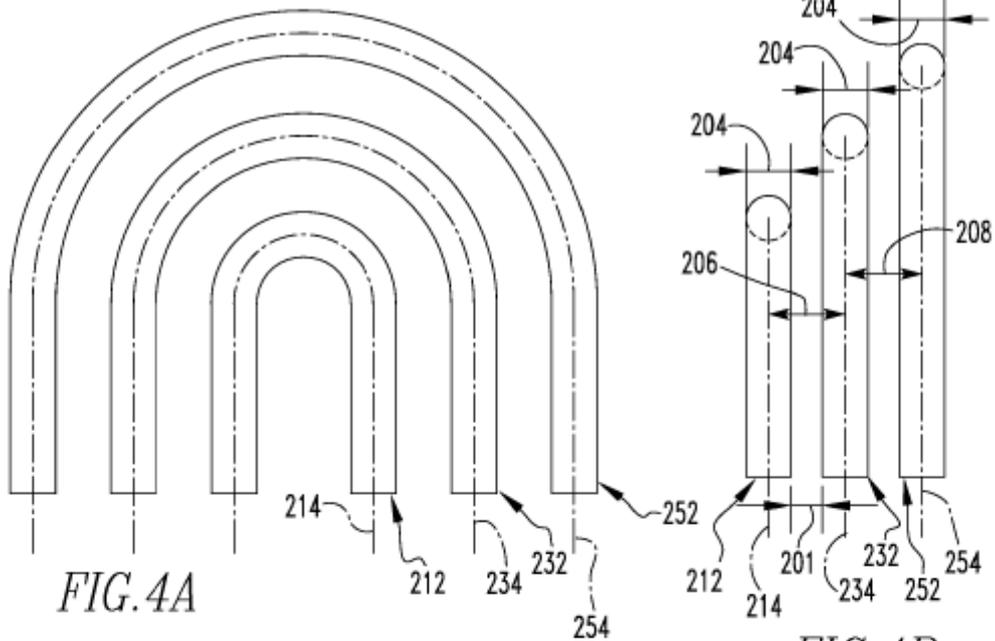
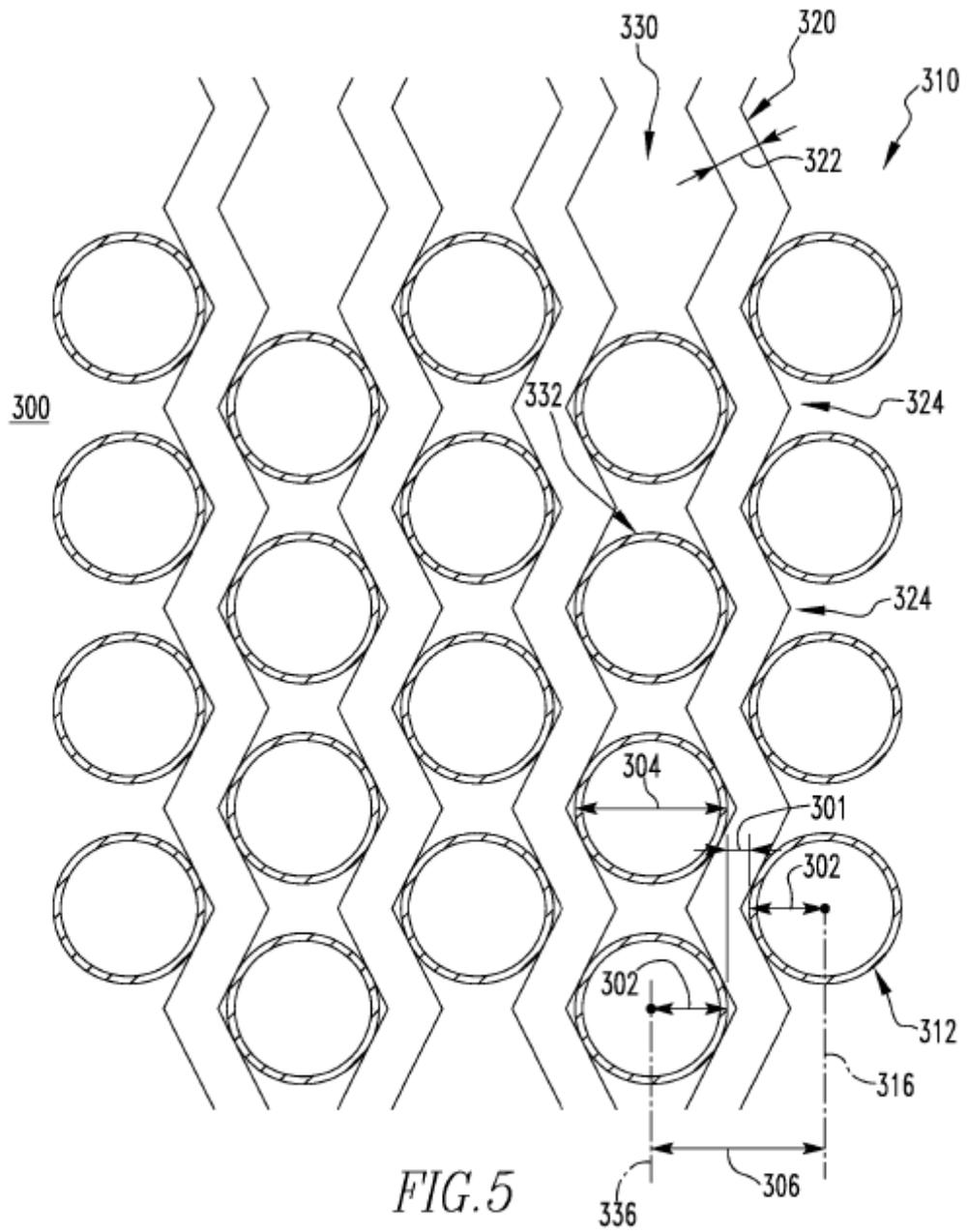


FIG. 3





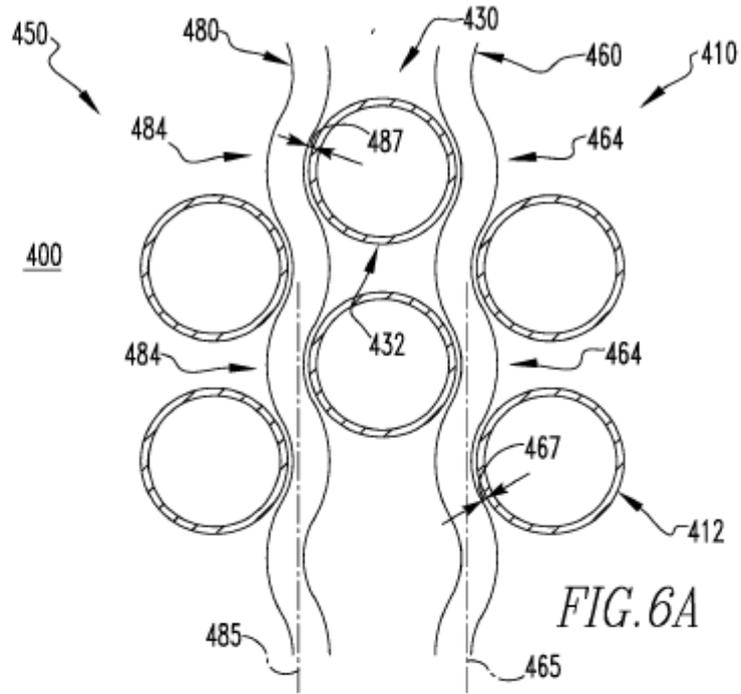


FIG. 6A

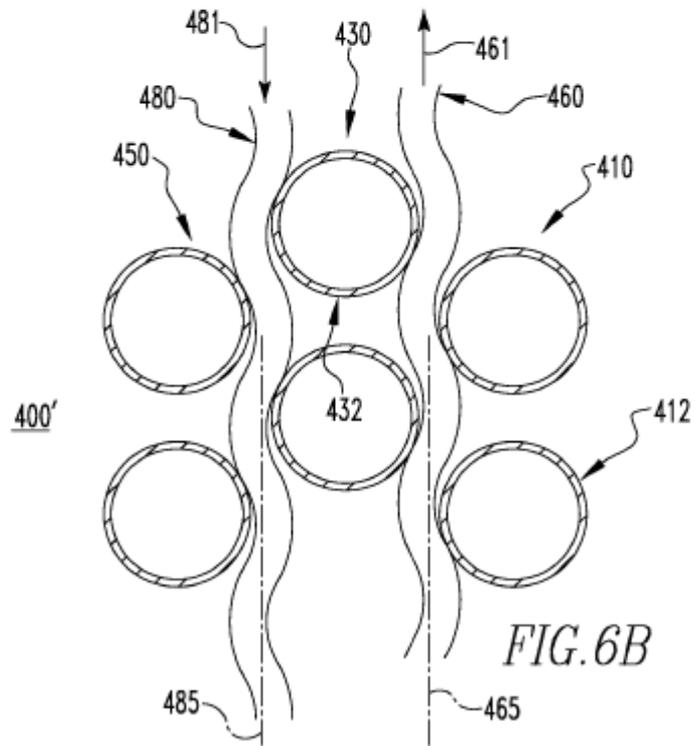


FIG. 6B

