

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 908 233**

51 Int. Cl.:

B01D 9/00 (2006.01)

B01J 19/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.11.2017 PCT/FI2017/050794**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **31.05.2018 WO18096205**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.11.2017 E 17821962 (2)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.01.2022 EP 3544711**

54 Título: **Un dispositivo de cristalización por ultrasonidos y un sistema de cristalización por ultrasonidos**

30 Prioridad:

22.11.2016 FI 20165885

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

28.04.2022

73 Titular/es:

**LAPPEENRANNAN-LAHDEN TEKNILLINEN
YLIOPISTO LUT (100.0%)
Skinnarilankatu 34
53850 Lappeenranta, FI**

72 Inventor/es:

**KOIRANEN, TUOMAS;
EKBERG, BJARNE;
HÄKKINEN, ANTTI;
VARIS, JUHA y
LOUHI-KULTANEN, MARJATTA**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 908 233 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

Un dispositivo de cristalización por ultrasonidos y un sistema de cristalización por ultrasonidos

Campo de la descripción

5 La descripción se refiere en general a la cristalización por ultrasonidos. Más particularmente, la descripción se refiere a un dispositivo de cristalización por ultrasonidos ya un sistema de cristalización por ultrasonidos que comprende uno o más dispositivos de cristalización por ultrasonidos.

Antecedentes

10 La cristalización por ultrasonido es un proceso de cristalización donde se aplica ultrasonido al fluido de proceso que contiene la sustancia que se va a cristalizar. Los mecanismos y ventajas de la cristalización por ultrasonido se analizan, por ejemplo, en la publicación: John Dodds et al.: The Effect of Ultrasound on Crystallization-Precipitation Processes: Some Examples and a New Segregation Model, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2007. En muchos casos, la aplicación de ultrasonido reduce el tiempo de inducción, estrecha el ancho de la zona metaestable y conduce a la producción de cristales más finos y uniformes. Por ejemplo, en la industria farmacéutica, la cristalización por ultrasonidos es adecuada para implementar procesos de cristalización continuos. Un dispositivo de cristalización ultrasonico que es adecuado para un proceso de cristalización continuo comprende típicamente un reactor de cristalización tubular dispuesto para conducir un flujo de fluido de proceso que contiene la sustancia a cristalizar. Además, el dispositivo de cristalización ultrasonico comprende una fuente de ultrasonidos para irradiar ultrasonidos al reactor de cristalización tubular y una estructura de control de temperatura para controlar la temperatura del fluido de proceso para que el fluido de proceso esté en relación de transferencia de calor con el fluido de control de temperatura. El fluido de control de temperatura puede ser, por ejemplo, agua.

25 En muchos procesos de cristalización por ultrasonido, la temperatura del fluido del proceso juega un papel importante porque, por ejemplo, la solubilidad de la sustancia que se cristaliza depende de la temperatura. Por lo tanto, existe la necesidad de controlar la temperatura del fluido del proceso para que el control de la temperatura sea suficientemente preciso y suficientemente capaz de reaccionar a los cambios. La Publicación WO2011124515 describe una disposición en la que un tubo en forma de hélice para conducir un fluido de proceso se sumerge en un líquido refrigerante para controlar la temperatura del fluido de proceso. Sin embargo, este enfoque no está libre de desafíos relacionados con la precisión del control de temperatura y/o la necesidad de reaccionar a los cambios. GB742891 describe un cristizador ultrasonico con una cristalización tubular y una bobina de control de temperatura dentro de la cámara para controlar la temperatura del fluido del proceso.

30 Compendio

A continuación, se presenta un resumen simplificado para proporcionar una comprensión básica de algunas realizaciones de la invención. El resumen no es una visión general extensa de la invención. No pretende identificar elementos clave o críticos de la invención ni delinear el alcance de la invención. El siguiente resumen presenta simplemente algunos conceptos de la invención de forma simplificada como preludio de una descripción más detallada de ejemplos de realización de la invención. De acuerdo con la invención, se proporciona un nuevo dispositivo de cristalización por ultrasonidos que es adecuado para un proceso de cristalización continuo. El dispositivo de cristalización por ultrasonidos puede ser, por ejemplo, pero no necesariamente, una parte del equipo de proceso en la industria química o farmacéutica. El dispositivo de cristalización por ultrasonido se puede utilizar, p. ej., producción de polvos de medicamentos por cristalización a partir de un fluido de proceso sobresaturado que contiene el medicamento mencionado anteriormente. Un dispositivo de cristalización por ultrasonidos de acuerdo con la invención comprende:

- una entrada para recibir un flujo de fluido de proceso que contiene sustancia a cristalizar,
- un reactor de cristalización tubular dispuesto para conducir el fluido del proceso entre la entrada y una salida del dispositivo de cristalización,
- una fuente de ultrasonidos para irradiar ultrasonidos al reactor de cristalización tubular, y
- 45 – una estructura de control de temperatura para controlar la temperatura del fluido de proceso de manera que el fluido de proceso esté en relación de transferencia de calor con el fluido de control de temperatura, p. ej., agua.

50 El reactor de cristalización tubular tiene la forma de conducir el fluido del proceso para que fluya alrededor de la fuente de ultrasonidos de manera que una ruta de flujo del fluido del proceso circule alrededor de la fuente de ultrasonidos, y la estructura de control de temperatura comprende una estructura de guía de flujo para guiar al menos un parte del fluido de control de la temperatura fluya alrededor de la fuente de ultrasonidos de manera que una ruta de flujo de al menos una parte del fluido de control de la temperatura circule alrededor de la fuente de ultrasonidos. El reactor de cristalización tubular puede ser, por ejemplo, pero no necesariamente, un tubo en forma de hélice que rodea la fuente de ultrasonidos. La estructura de control de la temperatura puede comprender, por ejemplo, pero no necesariamente, un contenedor que abarque el reactor de cristalización tubular y la fuente de ultrasonidos, y la estructura de guía de

flujo puede comprender, por ejemplo, pero no necesariamente, una placa de guía de flujo helicoidal unida a la pared interior del recipiente y que rodea al reactor de cristalización tubular.

5 Como tanto el fluido de proceso como el fluido de control de temperatura se guían para que fluyan alrededor de la fuente de ultrasonido, la transferencia de calor entre el fluido de proceso y el fluido de control de temperatura es más controlable que, p. ej., en un caso donde el reactor de cristalización tubular se sumerge en fluido de control de temperatura. Por lo tanto, la temperatura del fluido del proceso se puede controlar con mayor precisión y el control de temperatura es más capaz de reaccionar a los cambios.

De acuerdo con la invención, también se proporciona un nuevo sistema de cristalización por ultrasonidos que puede ser, por ejemplo, pero no necesariamente, una parte del equipo de proceso en la industria química o farmacéutica.

10 Un sistema de cristalización por ultrasonidos de acuerdo con la invención comprende:

- uno o más dispositivos de cristalización por ultrasonidos de acuerdo con la invención, y
- un sistema de control de temperatura para bombear fluido de control de temperatura a través de la estructura de control de temperatura de cada uno o más dispositivos de cristalización por ultrasonidos.

15 En un caso ilustrativo en el que hay dos o más dispositivos de cristalización por ultrasonidos, los dispositivos de cristalización por ultrasonidos pueden conectarse en serie de manera que la salida del primero de los dispositivos de cristalización por ultrasonidos esté conectada a la entrada de un segundo de los dispositivos de cristalización por ultrasonidos. Sin embargo, también es posible que un sistema de cristalización por ultrasonidos de acuerdo con una realización ejemplar y no limitativa de la invención comprenda dispositivos de cristalización por ultrasonidos conectados en paralelo, grupos conectados en serie de dispositivos de cristalización por ultrasonidos conectados en paralelo, grupos conectados en paralelo de dispositivos de cristalización por ultrasonidos conectados en serie, o cualquier otra interconexión de dispositivos de cristalización por ultrasonidos.

20 Varias realizaciones ejemplares y no limitativas de la invención se describen en las reivindicaciones dependientes adjuntas.

25 Varias realizaciones ejemplares y no limitativas de la invención tanto en cuanto a construcciones como a métodos de operación, junto con objetos adicionales y ventajas de las mismas, se entenderán mejor a partir de la siguiente descripción de realizaciones ejemplares específicas cuando se lea junto con los dibujos adjuntos.

30 Los verbos "comprender" e "incluir" se utilizan en este documento como limitaciones abiertas que ni excluyen ni requieren la existencia de características no enumeradas. Las características citadas en las reivindicaciones dependientes adjuntas se pueden combinar libremente entre sí a menos que se indique explícitamente lo contrario. Además, debe entenderse que el uso de "a" o "una", es decir, una forma singular, a lo largo de este documento no excluye como tal una pluralidad.

Breve descripción de las figuras

A continuación, se explican con mayor detalle realizaciones ejemplares y no limitativas de la invención y sus ventajas a modo de ejemplos y con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

35 la figura 1 ilustra un dispositivo de cristalización por ultrasonidos de acuerdo con una realización ejemplar y no limitativa de la invención,

la figura 2 ilustra un dispositivo de cristalización por ultrasonidos de acuerdo con una realización ejemplar y no limitativa de la invención,

40 la figura 3 ilustra un dispositivo de cristalización por ultrasonidos de acuerdo con una realización ejemplar y no limitativa de la invención,

la figura 4 ilustra un dispositivo de cristalización por ultrasonidos de acuerdo con una realización ejemplar y no limitativa de la invención, y

la figura 5 ilustra un sistema de cristalización por ultrasonidos de acuerdo con una realización ilustrativa y no limitativa de la invención.

45 Descripción de ejemplos de realizaciones

Los ejemplos específicos proporcionados en la siguiente descripción no deben interpretarse como limitantes del alcance y/o la aplicabilidad de las reivindicaciones adjuntas. Las listas y grupos de ejemplos proporcionados en la descripción no son exhaustivos a menos que se indique explícitamente lo contrario.

50 La figura 1 ilustra un dispositivo de cristalización por ultrasonidos de acuerdo con una realización ilustrativa y no limitativa de la invención. El dispositivo de cristalización por ultrasonidos comprende una entrada 101 para recibir un

flujo de fluido de proceso que contiene la sustancia a cristalizar. El fluido de proceso puede ser, p. ej., fluido sobresaturado que contiene medicamento para ser cristalizado. El dispositivo de cristalización por ultrasonidos comprende un reactor de cristalización tubular 102 dispuesto para conducir el fluido del proceso entre la entrada y la salida 103 del dispositivo de cristalización. El dispositivo de cristalización por ultrasonidos comprende una fuente de ultrasonidos 104 para irradiar ultrasonidos al reactor de cristalización tubular 102 para aplicar ultrasonidos al fluido de proceso que fluye en el reactor de cristalización tubular 102. La frecuencia de los ultrasonidos puede ser, por ejemplo, de 16 kHz a 100 kHz. kHz, y más preferiblemente de 20 kHz a 40 kHz. El ultrasonido se puede aplicar sobre el reactor de cristalización tubular 102 continuamente o periódicamente de manera que la fuente de ultrasonido 104 se enciende y se apaga periódicamente. La fuente de ultrasonidos 104 puede estar apagada, p. ej., 0-50% del tiempo de procesamiento. Un dispositivo de cristalización por ultrasonidos de acuerdo con una realización ilustrativa y no limitativa de la invención comprende un controlador de ultrasonidos 150 para encender y apagar periódicamente la fuente de ultrasonidos 104. Las duraciones temporales de los periodos de encendido y apagado se pueden cambiar preferiblemente con la ayuda de uno o más parámetros de configuración.

El dispositivo de cristalización por ultrasonidos comprende una estructura de control de temperatura 105 para controlar la temperatura del fluido de proceso de manera que el fluido de proceso esté en relación de transferencia de calor con el fluido de control de temperatura. El fluido de control de temperatura puede ser, por ejemplo, agua. La estructura de control de temperatura 105 comprende una estructura de guía de flujo 106 para guiar al menos una parte del fluido de control de temperatura para que circule alrededor de la fuente de ultrasonidos.

En el ejemplo de dispositivo de cristalización por ultrasonidos ilustrado en la figura 1, el reactor de cristalización tubular 102 es un tubo en forma de hélice que rodea la fuente de ultrasonidos 104 para que el fluido del proceso circule alrededor de la fuente de ultrasonidos 104. La estructura de control de temperatura 105 comprende un contenedor 107 que abarca el reactor de cristalización tubular 102 y la fuente de ultrasonidos 104. En este ejemplo de dispositivo de cristalización por ultrasonidos, la estructura de guía de flujo 106 es una placa de guía helicoidal unida a la pared interna del contenedor 107 y dispuesta para rodear el reactor de cristalización tubular 102. En la figura 1, el contenedor 107 y la estructura de guía de flujo 106 se presentan como vistas en sección donde el plano de sección es paralelo al plano xz de un sistema de coordenadas 199. Como se ilustra con flechas en la figura 1, la estructura de guía de flujo 106 guía al menos una parte del fluido de control de temperatura para que fluya a lo largo de una ruta helicoidal que rodea a la fuente de ultrasonido 104 y el reactor de cristalización tubular 102.

En el ejemplo de dispositivo de cristalización por ultrasonidos ilustrado en la figura 1, la fuente de ultrasonidos 104 es cilíndrica y está dispuesta para radiar los ultrasonidos a través del área ceñida de la fuente de ultrasonidos cilíndrica. La fuente de ultrasonidos 104 puede ser, por ejemplo, pero no necesariamente, una varilla cilíndrica que oscila en su dirección longitudinal a su frecuencia de resonancia e irradia ultrasonidos en direcciones radiales de la varilla cilíndrica a través del área ceñida de la varilla cilíndrica. En este contexto, el "área circundada" es un concepto geométrico que se relaciona con una forma cilíndrica. El reactor de cristalización tubular 102 rodea el área circundada de la fuente cilíndrica de ultrasonidos de manera que el reactor de cristalización tubular 102 está dispuesto para conducir el fluido de proceso sustancialmente paralelo al área circundada de la fuente cilíndrica de ultrasonidos y a una distancia del área circundada de la fuente cilíndrica de ultrasonidos. fuente de ultrasonido En un dispositivo de cristalización por ultrasonidos de acuerdo con una realización ejemplar y no limitativa de la invención, la intensidad de transmisión del ultrasonido es sustancialmente uniforme en el área circundada de la fuente cilíndrica de ultrasonidos 104. En este ejemplo de dispositivo de cristalización por ultrasonidos, la intensidad del ultrasonido es sustancialmente uniforme a lo largo de la dirección de flujo del fluido de proceso en el reactor de cristalización tubular 102.

El ejemplo de dispositivo de cristalización por ultrasonidos ilustrado en la figura 1 comprende además un tanque estabilizador 108 entre el reactor de cristalización tubular 102 y la salida 103 del dispositivo de cristalización por ultrasonidos. El dispositivo de cristalización por ultrasonidos puede comprender además un mezclador 109 para agitar el fluido de proceso contenido en el tanque estabilizador 108. El mezclador 109 puede funcionar con, p. ej., un motor eléctrico 110. El tanque estabilizador 108 se puede usar para preparar la escena para, p. ej., maduración de Ostwald donde los cristales más pequeños se disuelven y la sustancia disuelta se deposita en las superficies de los cristales más grandes.

La figura 2 ilustra un dispositivo de cristalización por ultrasonidos de acuerdo con una realización ilustrativa y no limitativa de la invención. El dispositivo de cristalización por ultrasonidos comprende una entrada 201 para recibir un flujo de fluido de proceso que contiene la sustancia a cristalizar. El dispositivo de cristalización por ultrasonidos comprende un reactor de cristalización tubular 202 dispuesto para conducir el fluido del proceso entre la entrada y la salida 203 del dispositivo de cristalización. El dispositivo de cristalización por ultrasonidos comprende una fuente de ultrasonidos 204 para irradiar ultrasonidos al reactor de cristalización tubular 202 para aplicar ultrasonidos al fluido de proceso que fluye en el reactor de cristalización tubular 202. El dispositivo de cristalización por ultrasonidos comprende una estructura de control de temperatura 205 para controlar la temperatura del fluido del proceso de manera que el fluido del proceso esté en relación de transferencia de calor con el fluido de control de temperatura. La estructura de control de temperatura 205 comprende una estructura de guía de flujo 206 para guiar el fluido de control de temperatura para que circule alrededor de la fuente de ultrasonidos.

En el ejemplo de dispositivo de cristalización por ultrasonidos ilustrado en la figura 2, el reactor de cristalización tubular 202 es un tubo en forma de hélice que rodea la fuente de ultrasonidos 204 para que el fluido del proceso circule

alrededor de la fuente de ultrasonidos 204. La estructura de guía de flujo 206 es una tubería de control de calor que se encuentra en el interior del reactor de cristalización tubular 202 y que es adecuada para conducir el fluido de control de temperatura. Una parte de la estructura de guía de flujo 206 se muestra en una vista en sección parcial 290. El dispositivo de cristalización por ultrasonidos comprende un recipiente 207 que abarca el reactor de cristalización tubular 202, la estructura de control de temperatura 205 y la fuente de ultrasonidos 204. El recipiente 207 contiene líquido 211 para conducir ultrasonidos desde la fuente de ultrasonidos 204 hasta el reactor de cristalización tubular 202. En la figura 2, el recipiente 207 se presenta como una vista en sección donde el plano de sección es paralelo al plano xz de un sistema de coordenadas 299. El dispositivo de cristalización por ultrasonidos ilustrado en la figura 2 puede estar provisto de un tanque estabilizador de la misma manera que el dispositivo de cristalización por ultrasonidos ilustrado en la figura 1 está provisto del tanque estabilizador 108.

La figura 3 ilustra un dispositivo de cristalización por ultrasonidos de acuerdo con una realización ilustrativa y no limitativa de la invención. El dispositivo de cristalización por ultrasonidos comprende una entrada 301 para recibir un flujo de fluido de proceso que contiene la sustancia a cristalizar. El dispositivo de cristalización por ultrasonidos comprende un reactor de cristalización tubular 302 dispuesto para conducir el fluido del proceso entre la entrada y la salida 303 del dispositivo de cristalización. Una parte del reactor de cristalización tubular 302 se muestra en una vista en sección parcial 390. El dispositivo de cristalización por ultrasonidos comprende una fuente de ultrasonidos 304 para irradiar ultrasonidos al reactor de cristalización tubular 302 para aplicar ultrasonidos al fluido de proceso que fluye en la cristalización tubular reactor 302. El dispositivo de cristalización por ultrasonidos comprende una estructura de control de temperatura 305 para controlar la temperatura del fluido de proceso de manera que el fluido de proceso esté en relación de transferencia de calor con el fluido de control de temperatura. La estructura de control de temperatura 305 comprende una estructura de guía de flujo 306 para guiar el fluido de control de temperatura para que circule alrededor de la fuente de ultrasonidos.

En el ejemplo de dispositivo de cristalización por ultrasonidos ilustrado en la figura 3, el reactor de cristalización tubular 302 es un tubo en forma de hélice que rodea la fuente de ultrasonidos 304 para que el fluido del proceso circule alrededor de la fuente de ultrasonidos 304. La estructura de guía de flujo 306 es una tubería de control de calor en cuyo interior se encuentra el reactor de cristalización tubular 302 y que es adecuada para conducir el fluido de control de temperatura. El dispositivo de cristalización por ultrasonidos comprende un recipiente 307 que abarca el reactor de cristalización tubular 302, la estructura de control de temperatura 305 y la fuente de ultrasonidos 304. El recipiente 307 contiene líquido 311 para conducir ultrasonidos desde la fuente de ultrasonidos 304 hasta la estructura de guía de flujo 306 y por lo tanto al reactor de cristalización tubular 302. En la figura 3, el contenedor 307 se presenta como una vista en sección donde el plano de la sección es paralelo al plano xz de un sistema de coordenadas 399. El dispositivo de cristalización por ultrasonido ilustrado en la figura 3 se puede proporcionar con un tanque estabilizador de la misma manera que el dispositivo de cristalización por ultrasonido ilustrado en la figura 1 se proporciona con el tanque estabilizador 108.

La figura 4 ilustra un dispositivo de cristalización por ultrasonidos de acuerdo con una realización ilustrativa y no limitativa de la invención. El dispositivo de cristalización por ultrasonidos comprende una entrada 401 para recibir un flujo de fluido de proceso que contiene la sustancia a cristalizar. El dispositivo de cristalización por ultrasonidos comprende un reactor de cristalización tubular 402 dispuesto para conducir el fluido del proceso entre la entrada y la salida 403 del dispositivo de cristalización. El dispositivo de cristalización por ultrasonidos comprende una fuente de ultrasonidos 404 para irradiar ultrasonidos al reactor de cristalización tubular 402 para aplicar ultrasonidos al fluido de proceso que fluye en el reactor de cristalización tubular 402. El dispositivo de cristalización por ultrasonidos comprende una estructura de control de temperatura 405 para controlar la temperatura del fluido del proceso de manera que el fluido del proceso esté en relación de transferencia de calor con el fluido de control de temperatura. La estructura de control de temperatura 405 comprende una estructura de guía de flujo 406 para guiar al menos una parte del fluido de control de temperatura para que fluya alrededor de la fuente de ultrasonidos.

En el ejemplo de dispositivo de cristalización por ultrasonidos ilustrado en la figura 4, el reactor de cristalización tubular 402 es un tubo serpenteante que rodea la fuente de ultrasonidos 404 de manera que el fluido del proceso fluya alrededor de la fuente de ultrasonidos 404. La estructura de control de temperatura 405 comprende un recipiente 407 que abarca el reactor de cristalización tubular 402 y la fuente de ultrasonidos 404. En este ejemplo de dispositivo de cristalización por ultrasonidos, la estructura de guía de flujo 406 de la estructura de control de temperatura 405 es una placa de guía helicoidal unida a la pared interna del recipiente 407 y dispuesta para rodear el reactor de cristalización tubular 402. En la figura 4, el contenedor 407 y la estructura de guía de flujo 406 se presentan como vistas en sección donde el plano de la sección es paralelo al plano xz de un sistema de coordenadas 499. Como se ilustra con flechas en la figura 4, la estructura de guía de flujo 406 guía al menos una parte del fluido de control de temperatura para que fluya a lo largo de una ruta helicoidal que rodea la fuente de ultrasonido 404 y el reactor de cristalización tubular 402. A medida que el fluido de control de temperatura fluye a lo largo del camino helicoidal y el fluido del proceso fluye a lo largo de un camino serpenteante definido por el reactor de cristalización tubular 402, es posible organizar circunstancias en las que la temperatura disminuye y aumenta alternativamente en la trayectoria de flujo definida por el reactor de cristalización tubular 402. El dispositivo de cristalización por ultrasonidos ilustrado en la figura 4 puede estar provisto de un tanque estabilizador de la misma manera que el dispositivo de cristalización por ultrasonidos ilustrado en la figura 1 está provisto del tanque estabilizador 108.

La figura 5 ilustra un sistema de cristalización por ultrasonidos de acuerdo con una realización ilustrativa y no limitativa de la invención. El sistema de cristalización por ultrasonidos comprende dispositivos de cristalización por ultrasonidos 520, 521 y 522. En este caso ejemplar, cada uno de los dispositivos de cristalización por ultrasonidos 520-522 es similar al dispositivo de cristalización por ultrasonidos ilustrado en la figura 1. Sin embargo, también es posible que uno o más de los dispositivos de cristalización por ultrasonidos 520-522 sea diferente del dispositivo de cristalización por ultrasonidos ilustrado en la figura 1. Por ejemplo, uno o más de los dispositivos de cristalización por ultrasonidos 520-522 pueden ser similares a uno o más de los dispositivos de cristalización por ultrasonidos ilustrados en la figura 1, las figuras 2, 3 y 4. El sistema de cristalización por ultrasonidos comprende un sistema de control de temperatura 523 para bombear fluido de control de temperatura a través de las estructuras de control de temperatura de los dispositivos de cristalización por ultrasonidos 520-522. El sistema de control de temperatura 523 comprende bombas y unidades de control de temperatura. En la figura 5, la bomba para hacer circular el fluido de control de temperatura a través de la estructura de control de temperatura del dispositivo de cristalización por ultrasonidos 520 se indica con una referencia 524 y la unidad de control de temperatura para controlar la temperatura del dispositivo de cristalización por ultrasonidos 520 se indica con una referencia 525. Además, el sistema de control de temperatura 523 puede comprender otros elementos tales como por ejemplo sensores de temperatura y un controlador para controlar las bombas y las unidades de control de temperatura. Los sensores de temperatura y el controlador no se muestran en la figura 5.

En el ejemplo del sistema de cristalización por ultrasonidos ilustrado en la figura 5, los dispositivos de cristalización por ultrasonidos 520-522 están conectados en serie de manera que la salida del dispositivo de cristalización por ultrasonidos 520 está conectada a la entrada del dispositivo de cristalización por ultrasonidos 521 y la salida del dispositivo de cristalización por ultrasonidos 521 está conectado a la entrada del dispositivo de cristalización por ultrasonidos 522. Sin embargo, también es posible que un sistema de cristalización por ultrasonidos de acuerdo con una realización ilustrativa y no limitativa de la invención comprenda dispositivos de cristalización por ultrasonidos conectados en paralelo, grupos conectados en serie de dispositivos conectados en paralelo dispositivos de cristalización por ultrasonidos, grupos conectados en paralelo de dispositivos de cristalización por ultrasonidos conectados en serie, o cualquier otra interconexión de dispositivos de cristalización por ultrasonidos.

En un sistema de cristalización por ultrasonidos de acuerdo con una realización ejemplar y no limitativa de la invención, el sistema de control de temperatura está dispuesto para controlar la temperatura T3 del fluido de proceso en la salida del dispositivo de cristalización por ultrasonidos 522 para que sea inferior a la temperatura T2 del fluido de proceso a la salida del dispositivo de cristalización por ultrasonidos 521, es decir, $T3 < T2$, y la temperatura T2 del fluido de proceso a la salida del dispositivo de cristalización por ultrasonidos 521 sea inferior a la temperatura T1 del fluido de proceso a la salida del dispositivo de cristalización por ultrasonidos 520, es decir, $T2 < T1$. Las temperaturas se pueden controlar de la manera descrita anteriormente para crear circunstancias donde la solubilidad de la sustancia que se cristaliza disminuya gradualmente en el camino desde la entrada del dispositivo de cristalización por ultrasonidos 520 hasta la salida del dispositivo de cristalización por ultrasonidos 522.

En un sistema de cristalización por ultrasonidos de acuerdo con una realización ejemplar y no limitativa de la invención, el sistema de control de temperatura 523 está dispuesto para bombear el fluido de control de temperatura para que fluya a través de la estructura de control de temperatura de al menos uno de los dispositivos de cristalización por ultrasonidos 520-523 en una dirección que proporciona transferencia de calor a contracorriente entre el fluido de proceso y el fluido de control de temperatura. En un sistema de cristalización por ultrasonidos de acuerdo con una realización ejemplar y no limitativa de la invención, el sistema de control de temperatura 523 está dispuesto para bombear el fluido de control de temperatura para que fluya a través de la estructura de control de temperatura de al menos uno de los dispositivos de cristalización por ultrasonidos 520-523 en una dirección que proporciona transferencia de calor de flujo paralelo entre el fluido de proceso y el fluido de control de temperatura. En la situación ejemplar que se muestra en la figura 5, la transferencia de calor a contracorriente tiene lugar en los dispositivos de cristalización por ultrasonidos 520 y 523 y la transferencia de calor de flujo paralelo tiene lugar en el dispositivo de cristalización por ultrasonidos 521.

Los ejemplos específicos proporcionados en la descripción dada anteriormente no deben interpretarse como limitantes. Por lo tanto, la invención no se limita meramente a las realizaciones ilustrativas y no limitativas descritas anteriormente. Las listas y grupos de ejemplos proporcionados en la descripción no son exhaustivos a menos que se indique explícitamente lo contrario.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de cristalización por ultrasonidos que comprende:

- un contenedor (107, 207, 307, 407), en donde el contenedor comprende
- una entrada (101, 201, 301, 401) para recibir un flujo de fluido de proceso que contiene sustancia a cristalizar,
- un reactor de cristalización tubular (102, 202, 302, 402) dispuesto para conducir el fluido de proceso entre la entrada y una salida (103, 203, 303) del dispositivo de cristalización,
- una fuente de ultrasonidos (104, 204, 304, 404) para irradiar ultrasonidos al reactor de cristalización tubular, y
- una estructura de control de temperatura (105, 205, 305, 405) para controlar la temperatura del fluido de proceso de manera que el fluido de proceso esté en relación de transferencia de calor con el fluido de control de temperatura,

en donde el reactor de cristalización tubular tiene la forma para conducir el fluido de proceso para que fluya alrededor de la fuente de ultrasonidos, de manera que una ruta de flujo del fluido de proceso circule alrededor de la fuente de ultrasonidos, caracterizado por que la estructura de control de temperatura comprende una estructura de guía de flujo (106, 206, 306, 406) para guiar al menos una parte del fluido de control de temperatura para que fluya alrededor de la fuente de ultrasonido de manera que una ruta de flujo de al menos parte del fluido el fluido de control de temperatura circula alrededor de la fuente de ultrasonido.

2. Un dispositivo de cristalización por ultrasonidos de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el reactor de cristalización tubular (102, 202, 302) es un tubo en forma de hélice que rodea la fuente de ultrasonidos.

3. Un dispositivo de cristalización por ultrasonidos de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el reactor de cristalización tubular (402) es un tubo serpenteante que rodea la fuente de ultrasonidos.

4. Un dispositivo de cristalización por ultrasonidos de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde la estructura de guía de flujo (106, 206, 306) está dispuesta para guiar al menos una parte del fluido de control de temperatura para que fluya a lo largo de una ruta helicoidal que rodea la fuente de ultrasonidos.

5. Un dispositivo de cristalización por ultrasonidos de acuerdo con la reivindicación 4, en donde la estructura de control de temperatura (105) comprende el recipiente (107) que abarca el reactor de cristalización tubular y la fuente de ultrasonidos, y la estructura de guía de flujo (106) comprende una placa de guía helicoidal unida a una pared interior del recipiente y rodeando al reactor de cristalización tubular.

6. Un dispositivo de cristalización por ultrasonidos de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde la estructura de guía de flujo (206) es una tubería de control de calor dentro del reactor de cristalización tubular (202) y adecuada para conducir el fluido de control de temperatura.

7. Un dispositivo de cristalización por ultrasonidos de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde la estructura de guía de flujo (306) es una tubería de control de calor dentro de la cual se ubica el reactor de cristalización tubular (302), siendo la tubería de control de calor adecuada para conducir la temperatura. fluido de control

8. Un dispositivo de cristalización por ultrasonidos de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en donde el dispositivo de cristalización por ultrasonidos comprende un tanque estabilizador (108) entre el reactor de cristalización tubular (102) y la salida (103) del dispositivo de cristalización por ultrasonidos.

9. Un dispositivo de cristalización por ultrasonidos de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en donde la fuente de ultrasonidos (104, 204, 304, 404) es cilíndrica y está dispuesta para irradiar los ultrasonidos a través de un área ceñida de la fuente de ultrasonidos cilíndrica y el reactor de cristalización tubular (102, 202, 302, 404) rodea el área circundada de la fuente cilíndrica de ultrasonidos de manera que el reactor de cristalización tubular esté dispuesto para conducir el fluido de proceso sustancialmente paralelo al área circundada de la fuente cilíndrica de ultrasonidos y a una distancia del área circundada de la fuente de ultrasonido cilíndrica.

10. Un dispositivo de cristalización por ultrasonidos de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-9, en donde el dispositivo de cristalización por ultrasonidos comprende un controlador de ultrasonidos (150) para encender y apagar periódicamente la fuente de ultrasonidos (104).

11. Un sistema de cristalización por ultrasonidos que comprende:

- uno o más dispositivos de cristalización por ultrasonidos (520-522), cada uno estando de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-10, y
- un sistema de control de temperatura (523) para bombear fluido de control de temperatura a través de la estructura de control de temperatura de cada uno o más dispositivos de cristalización por ultrasonidos.

12. Un sistema de cristalización por ultrasonidos de acuerdo con la reivindicación 11, en donde los dispositivos de cristalización por ultrasonidos están conectados en serie de manera que la salida del primero (520) de los dispositivos de cristalización por ultrasonidos está conectada a la entrada del segundo (521) de los dispositivos de cristalización por ultrasonidos.
- 5 13. Un sistema de cristalización por ultrasonidos de acuerdo con la reivindicación 12, en donde el sistema de control de temperatura está dispuesto para controlar la temperatura del fluido del proceso en la salida del segundo de los dispositivos de cristalización por ultrasonidos para que sea inferior a la temperatura del fluido del proceso en la salida del primero de los dispositivos de cristalización por ultrasonidos.
- 10 14. Un sistema de cristalización por ultrasonidos de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 11-13, en donde el sistema de control de temperatura está dispuesto para bombear el fluido de control de temperatura para que fluya a través de la estructura de control de temperatura de al menos uno de los dispositivos de cristalización por ultrasonidos en una dirección que proporciona transferencia de calor de flujo contrario entre el fluido de proceso y el fluido de control de temperatura.
- 15 15. Un sistema de cristalización por ultrasonidos de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 11-14, en donde el sistema de control de temperatura está dispuesto para bombear el fluido de control de temperatura para que fluya a través de la estructura de control de temperatura de al menos uno de los dispositivos de cristalización por ultrasonidos en una dirección que proporciona transferencia de calor de flujo paralelo entre el fluido de proceso y el fluido de control de temperatura.

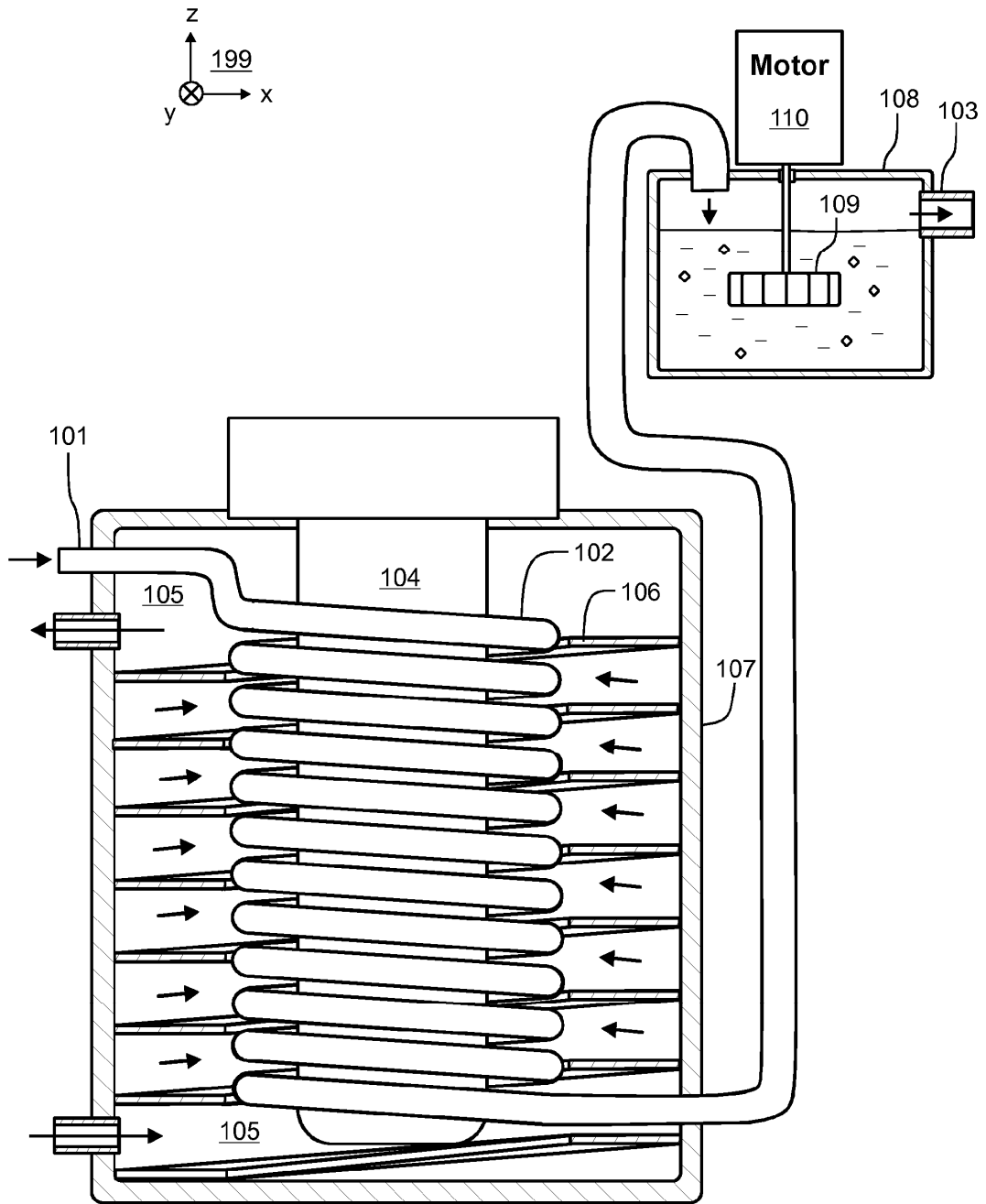


Figura 1

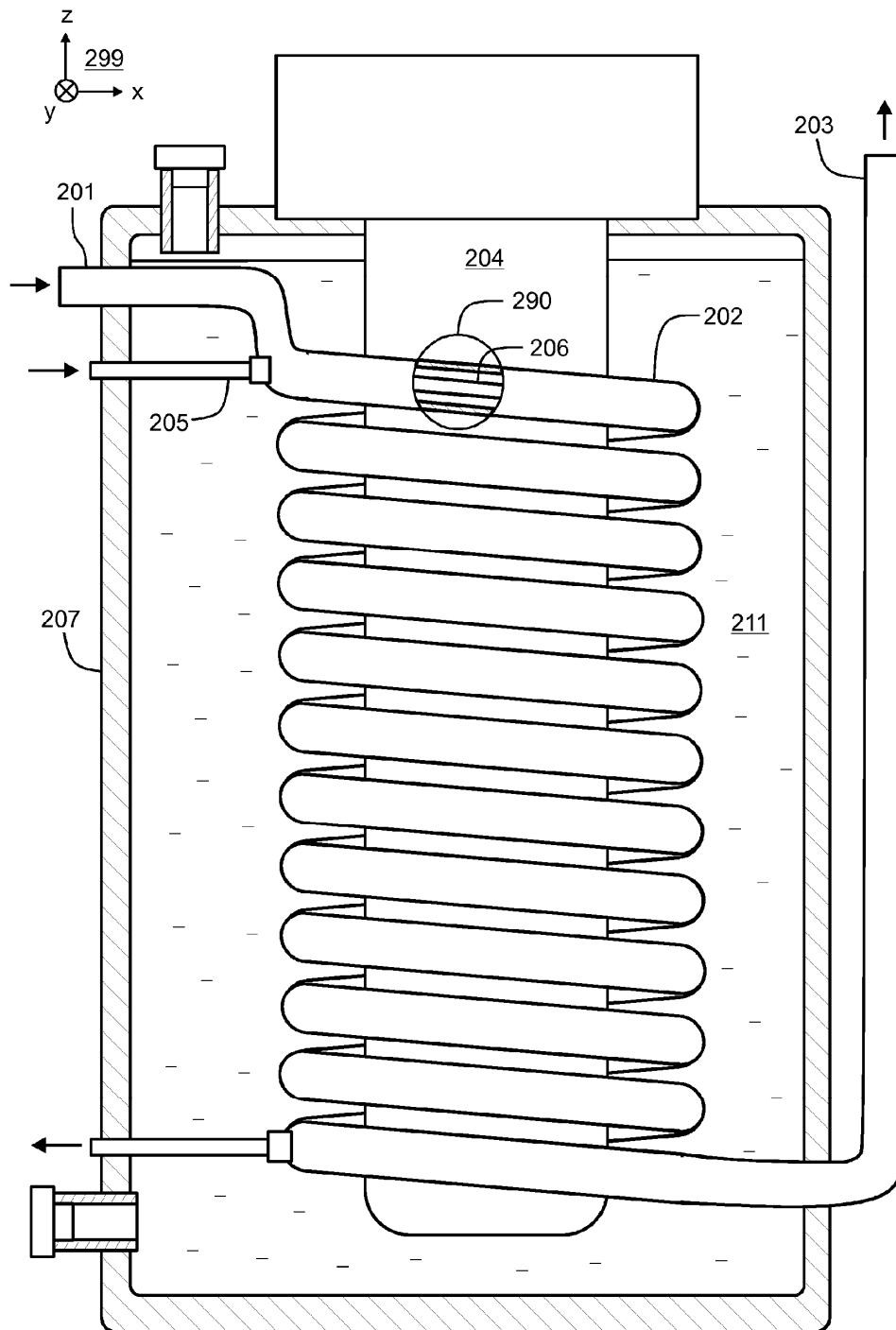


Figura 2

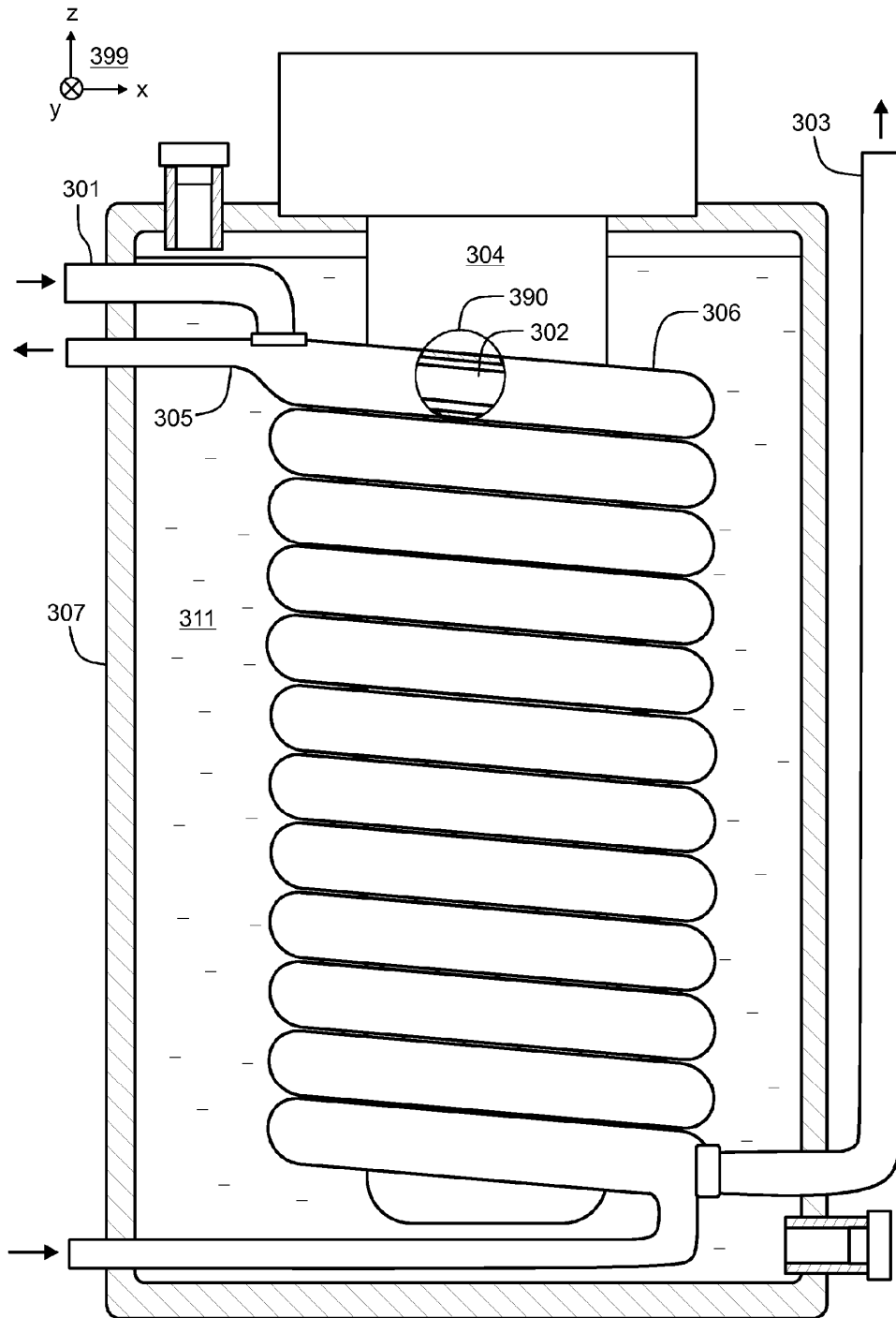


Figura 3

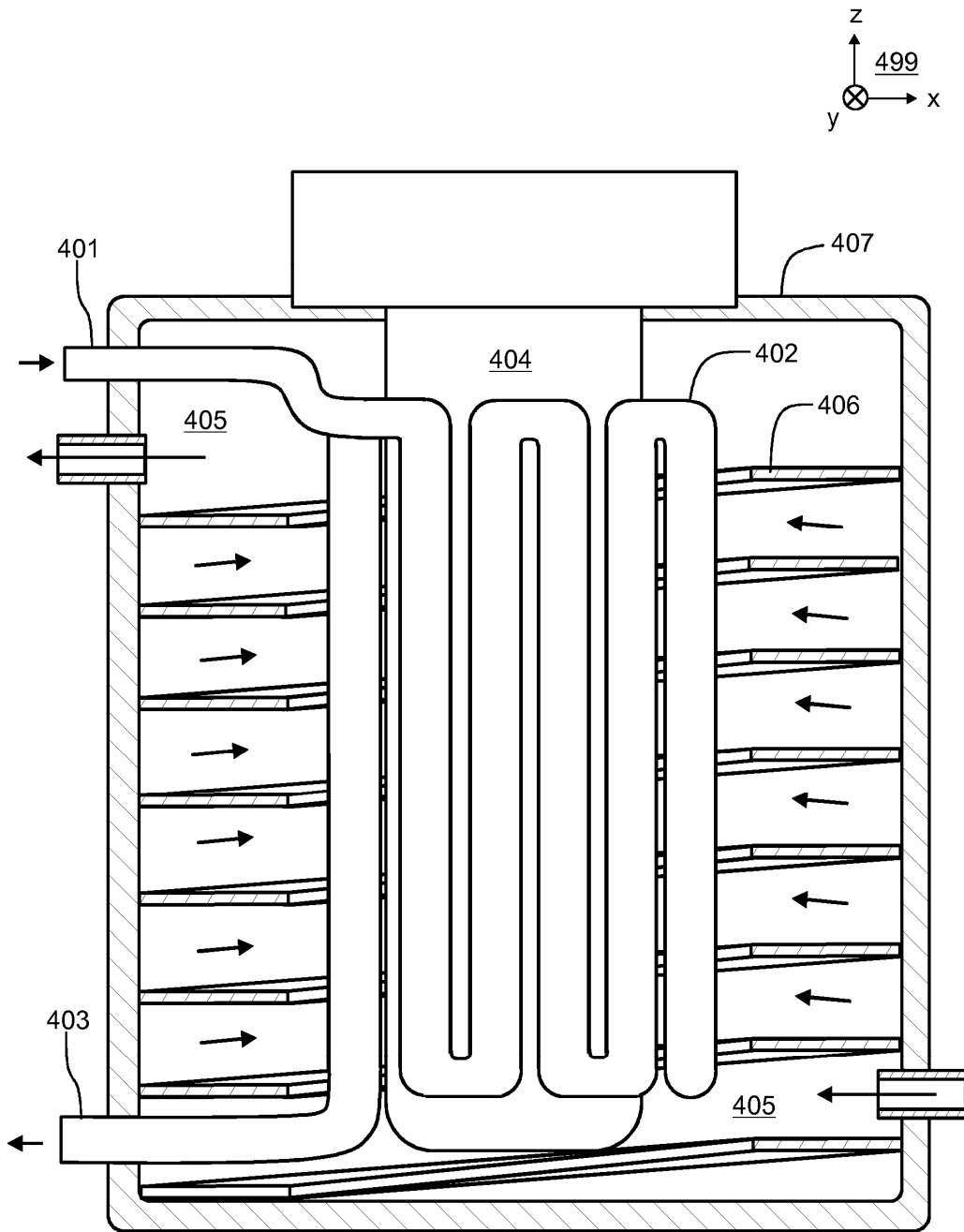


Figura 4

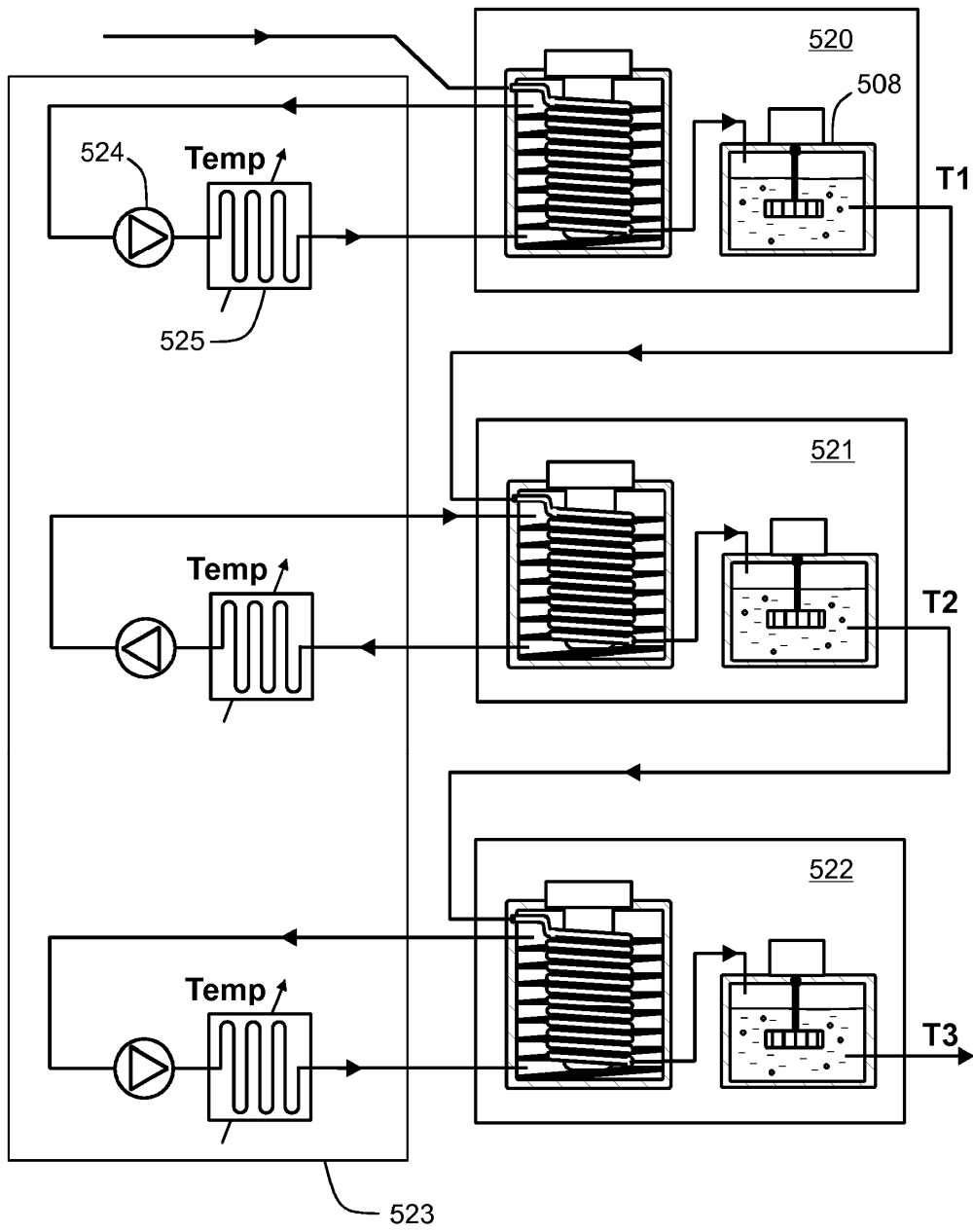


Figura 5