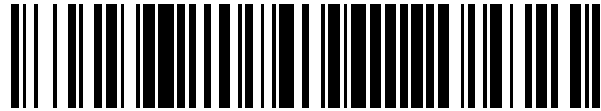


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 581 507**

51 Int. Cl.:

C01B 21/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.12.2012 E 12812865 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.04.2016 EP 2804834**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para la producción de ácido nítrico**

30 Prioridad:

16.01.2012 DE 102012000570

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

06.09.2016

73 Titular/es:

**THYSSENKRUPP INDUSTRIAL SOLUTIONS AG
(100.0%)**

**ThyssenKrupp Allee 1
45143 Essen, DE**

72 Inventor/es:

BIRKE, DANIEL

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 581 507 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

Procedimiento y dispositivo para la producción de ácido nítrico

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para la producción de ácido nítrico, en el marco del cual, en el arranque y la parada de la instalación, se utiliza un control seleccionado. La invención también se refiere a una instalación modificada correspondientemente para la producción de ácido nítrico. El procedimiento de acuerdo con la invención o la instalación de acuerdo con la invención permiten un arranque y parada sin problemas de instalaciones de ácido nítrico, incluso en tales instalaciones que están equipadas con expansores de gas residual de alto rendimiento.

10 El ácido nítrico es una materia prima importante de la industria química y sirve, por ejemplo, como base para la producción de fertilizantes, explosivos, así como para la nitración de sustancias orgánicas en la producción de colorantes y desinfectantes.

15 Desde principios del siglo XX, el ácido nítrico se produce según el denominado procedimiento de Ostwald, en el que se basa hasta ahora la producción industrial a gran escala. En el caso de esta reacción, se trata de una reacción catalítica de amoníaco. El monóxido de nitrógeno producido reacciona para dar lugar a dióxido de nitrógeno a partir del cual se produce ácido nítrico por reacción con agua, que puede separarse en torres de goteo. Este proceso está descrito en la publicación "Anorganische Stickstoffverbindungen" de Mundo/Weber, Carl Hanser Verlag Múnich Viena 1982, así como en el documento WO 01/68520 A1.

Para la producción de ácido nítrico, se hace reaccionar de manera reactiva en general primero amoníaco NH_3 con aire y se genera óxido de nitrógeno NO , que se oxida después para dar lugar a dióxido de nitrógeno NO_2 .

20 A continuación, el dióxido de nitrógeno NO_2 así obtenido se absorbe en agua y produce el ácido nítrico. Para que la mayor parte del dióxido de nitrógeno NO_2 obtenido se absorba por el agua, la absorción ocurre, por regla general, a presión elevada, preferentemente a presiones entre 0,4 y 1,4 MPa.

25 El oxígeno requerido para la reacción del amoníaco utilizado como materia prima se suministra, por regla general, en forma de oxígeno atmosférico. Para el propósito del suministro, el aire de proceso se comprime en un compresor y se lleva a una presión que está adaptada tanto a la reacción de oxidación como a la reacción de absorción.

Habitualmente, la energía para la compresión del aire se obtiene, por una parte, mediante la distensión del gas residual que sale de la absorción en un expansor de gas residual a presión ambiental y, por otra parte, por la utilización de los calores liberados en las reacciones. Las instalaciones de ácido nítrico edificadas en distintas realizaciones están adaptadas a las respectivas configuraciones especiales de sus respectivos lugares.

30 A este respecto, la producción de ácido nítrico puede realizarse en el procedimiento de presión única o dual. En el procedimiento de presión única, se lleva a cabo tanto la combustión como la absorción a presión media ($< 0,8$ MPa) o presión alta ($> 0,8$ MPa).

35 Los procedimientos de presión única se utilizan especialmente cuando la producción diaria exigida es baja. En estos casos, la instalación de ácido nítrico se acciona preferentemente según el procedimiento de mono-presión alta o según el procedimiento de mono-presión media. En el procedimiento de mono-presión alta, la combustión del amoníaco y la absorción de los óxidos de nitrógeno se realizan a aproximadamente la misma presión de $> 0,8$ MPa. La ventaja del procedimiento de mono-presión alta es que se garantiza un método constructivo compacto.

40 En el procedimiento de mono-presión media, la combustión del amoníaco y la absorción de los óxidos de nitrógeno se realizan a aproximadamente la misma presión de $< 0,8$ MPa. La ventaja del procedimiento de mono-presión media es que se garantiza un rendimiento de combustión óptimo.

45 Si, por el contrario, se exigen grandes capacidades nominales y/o mayores concentraciones de ácido, una instalación de ácido nítrico realizada según el procedimiento de presión dual representa la solución más económica. En el procedimiento de presión dual, la combustión del amoníaco utilizado ocurre a una primera presión, a saber, a una presión más baja (comparada con la presión de absorción). Los gases nitrosos, también denominados gas nitroso, formados en la combustión se llevan en general tras la refrigeración mediante compresión de gas nitroso a la segunda presión, la presión de absorción. La ventaja del procedimiento de presión dual es que las etapas de presión están adaptadas a las respectivas reacciones y, por lo tanto, se garantiza tanto un rendimiento de combustión óptimo como una absorción compacta.

50 En general, las instalaciones para llevar a cabo los procedimientos anteriormente expuestos comprenden al menos un compresor de aire así como al menos una turbina de expansión para el gas residual (también denominada "turbina de gas residual").

Tales instalaciones se conocen, por ejemplo, por el documento WO 2009/146785 A1, el documento WO 2011/054928 A1 y el documento US 4869890.

A diferencia del funcionamiento estacionario, en el proceso de arranque y parada de instalaciones de ácido nítrico, las unidades presentes no funcionan en condiciones normales y precisan frecuentemente una regulación adicional.

En el caso del arranque a partir del estado desconectado/frío, la instalación de ácido nítrico se llena, por regla general, primero de aire ("funcionamiento con aire") con la importación de energía externa (por ejemplo, vapor externo o corriente). Las primeras emisiones de NO_x se producen en cuanto la torre de absorción se llena de ácido nítrico de un depósito de reserva durante el proceso de arranque y los óxidos de nitrógeno contenidos en el ácido se apagan por el aire, emitiéndose en instalaciones actuales el NO_x que se produce durante la operación de llenado. Con la finalización de la operación de llenado, se extingue también la emisión de NO_x al principio, hasta que se inicia ("se activa") la oxidación de NH_3 de la instalación de ácido nítrico. Tras la activación, aumentan la temperatura y la concentración de NO_x en la instalación constantemente al valor de funcionamiento estacionario y las partes de instalación individuales pueden accionarse sistemáticamente a partir de un momento determinado.

En el caso de la parada de la instalación de ácido nítrico, se detiene primero la oxidación de NH_3 . La concentración de NO_x en la salida de la torre de absorción disminuye constantemente y, paralelamente a esto, desciende la temperatura. También en este caso, a partir de un cierto momento, ya no pueden accionarse sistemáticamente partes de instalación individuales, puesto que ya no hay que mantener los valores de funcionamiento estacionarios.

Por Dutch Notes on BAT for the Production of Nitric Acid, Final Report, Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment: La Haya, NL, 1999 se conoce reducir las emisiones de NO_x durante el arranque y el paro por calentamiento del gas residual. Aparte de esto, el experto recibe la sugerencia de realizar esto mediante un calentador de vapor.

En el funcionamiento de la instalación de ácido nítrico, es deseable alcanzar un alto grado de eficiencia de la turbina de gas residual para disminuir los gastos de funcionamiento. Para esto, la temperatura de entrada del medio que inunda la turbina de gas residual durante la operación de arranque o de parada de la instalación tiene que ser tan alta que no se congelen los gases que salen de la turbina de gas residual. Especialmente en el caso de turbinas de gas residual con alto grado de eficiencia, existe un riesgo aumentado de congelación, porque una turbina de gas residual con grado de eficiencia mejorado refrigera mucho más el medio que la inunda a la misma temperatura de entrada a diferencia de una turbina de gas residual convencional.

A diferencia del funcionamiento normal de la instalación, la temperatura de entrada del medio que inunda la turbina de gas residual es, la mayoría de las veces, más baja durante el arranque y/o parada.

Por eso, el grado de eficiencia de la turbina de gas residual se limita por el medio que la inunda durante el arranque y/o la parada para evitar la congelación de la turbina de gas residual durante el arranque y/o la parada.

Especialmente en el caso de instalaciones que contienen turbinas de gas residual con grado de eficiencia especialmente alto, tiene que calentarse, al menos durante la fase de arranque y/o de parada de la instalación, el medio situado en el lado del gas residual que se alimenta a la turbina de gas residual.

Un objetivo de la presente invención consiste en optimizar los procedimientos de presión única o dual conocidos para la producción de ácido nítrico a fin de que puedan evitarse los problemas anteriormente indicados durante el arranque o parada de estas instalaciones. Aparte de eso, un objetivo de la invención consiste en poner a disposición instalaciones para llevar a cabo procedimientos de este tipo y posibilitar un empleo de turbinas de gas residual con mayor grado de eficiencia para disminuir, con ello, los gastos de funcionamiento.

Otra ventaja de la presente invención es que, en el empleo de un expansor convencional, puede posibilitarse un arranque incoloro de las instalaciones de ácido nítrico, puesto que el gas residual se calienta hasta tal punto que puede iniciarse de manera anticipada la purificación de gas residual.

La invención se refiere a un procedimiento para el arranque y/o parada de una instalación para la producción de ácido nítrico a partir de amoníaco y gas que contiene oxígeno según el procedimiento de presión única o dual, en el que la oxidación del amoníaco utilizado ocurre mediante aire de proceso comprimido en un catalizador, que se comprimió en al menos un compresor (6), el gas nitroso formado por la combustión se refrigera en uno o varios refrigeradores de gas de proceso (3) equipados con serpentines para un refrigerante así como en uno o varios precalentadores de agua de alimentación (2) (también denominados "economizadores") equipados con serpentines para un refrigerante y a continuación el gas nitroso refrigerado se absorbe al menos parcialmente por agua, mediante lo cual se produce ácido nítrico, y el gas residual no absorbido se expande con el fin de obtener trabajo del compresor en al menos una turbina de gas residual (11).

El procedimiento de acuerdo con la invención está caracterizado porque, durante el arranque y/o la parada de la instalación de ácido nítrico, el refrigerador de gas de proceso (3) y el precalentador de agua de alimentación (2) se invaden por un gas de proceso, especialmente aire, que se calienta en el refrigerador de gas de proceso (3) y/o en el precalentador de agua de alimentación (2) al cargarse al menos uno de los serpentines en el refrigerador de gas de proceso (3) y/o en el precalentador de agua de alimentación (2) con un medio de calentamiento, y guiarse el gas de proceso calentado por al menos un intercambiador de calor (5, 4) posconectado al refrigerador de gas de proceso (3) y/o al precalentador de agua de alimentación (2) para transmitir energía térmica desde el gas de proceso calentado

al gas residual que se suministra a la al menos una turbina de gas residual (11).

5 En el procedimiento de acuerdo con la invención, en el arranque y/o en la parada de la instalación, la(s) turbina(s) de gas residual (11) se inunda(n) por un gas residual que se ha calentado por intercambio de calor con un gas de proceso calentado que ha inundado el al menos un refrigerador de gas de proceso (3) y/o el al menos un precalentador de agua de alimentación (2).

Por lo tanto, la presente invención está caracterizada porque el calentamiento del medio situado en el lado del gas residual, es decir, del gas residual, se realiza indirectamente con ayuda del refrigerador de gas de proceso (3) presente en la instalación y/o con ayuda del economizador (2) presente en la instalación e intercambiadores de calor (5, 4) respectivamente posconectados.

10 En la operación de arranque y de parada, se accionan en orden inverso tanto el/los refrigerador(es) de gas de proceso (3) como el/los economizador(es) (2); esto quiere decir que no se pone en práctica la función real como refrigerador del gas de proceso (en el funcionamiento con aire, así, aire), sino que, al contrario, estos aparatos se conectan temporalmente como calentadores del gas de proceso.

15 Un refrigerador de gas de proceso (3) típico presenta, por regla general, distintos serpentines (18, 19, 20) (también denominados "rollos") en el interior por los que se transporta el refrigerante en el funcionamiento estacionario. A este respecto, se trata, por ejemplo, de serpentines de preevaporador (18), de serpentines de recalentador (19) y de serpentines de evaporador (20). Dado el caso, pueden suprimirse partes de estos serpentines y/o puede variar el orden de la disposición de estos serpentines.

20 En el funcionamiento estacionario, el gas de proceso inunda el interior del refrigerador de gas de proceso (3) y emite una parte de su energía térmica al refrigerante en los serpentines (18, 19, 20). En el funcionamiento de arranque y de parada de las instalaciones, puede conducirse por estos serpentines (18, 19, 20) un fluido portador de calor en lugar de un refrigerante, lo cual calienta el fluido en el interior del refrigerador de gas de proceso (3) en vez de refrigerarlo. A este respecto, pueden cargarse uno, varios o incluso todos estos serpentines (18, 19, 20) con el fluido portador de calor. En una variante alternativa, el refrigerador de gas de proceso (3) también puede estar equipado
25 con serpentines (21) adicionales por los que se conduce el medio de calentamiento en el funcionamiento de arranque y de parada de la instalación, conduciéndose por los serpentines (18, 19, 20) habituales asimismo un tal medio de calentamiento o desactivándose por los serpentines (18, 19, 20) habituales o accionándose con el medio presente del funcionamiento estacionario. En cualquier caso, en el funcionamiento de arranque y de parada de acuerdo con la invención, tiene que realizarse un calentamiento del gas de proceso que inunda el refrigerador de gas
30 de proceso (3).

Para esto, serpentines (18, 19, 20, 21) existentes y/o adicionales o partes de los mismos en el refrigerador de gas de proceso (3) pueden estar unidos durante la operación de arranque y/o de parada a fuentes para medios de calentamiento, por ejemplo, cargarse con medios de calentamiento suministrados calientes desde fuera, por
35 ejemplo, con vapor suministrado sobrecalentado o saturado. Con ello, se aumenta la temperatura del gas de proceso que fluye por el/los refrigerador(es) de gas de proceso (3) situado(s) en el lado del gas NO (en el caso del arranque, por lo general, aire). El gas de proceso calentado (por ejemplo, aire) emite entonces su energía térmica a un intercambiador de calor (5) posconectado en el lado del gas residual, mediante lo cual el gas residual en el lado del gas residual se calienta a la temperatura de entrada requerida por la al menos una turbina de gas residual (11).

40 En una forma de realización preferente del procedimiento de acuerdo con la invención, con el fin de la transmisión de calor mejorada, se calientan, además de los serpentines (21) adicionales, los serpentines (18, 19, 20) existentes del refrigerador de gas de proceso (3) durante la operación de arranque y/o de parada con vapor saturado y/o con agua hirviendo de un tambor de vapor (8) y/o de un sistema externo. Para ello, el tambor de vapor (8) y/o el sistema externo tiene que ponerse en marcha antes del arranque y/o de la parada, lo cual, por ejemplo, puede ocurrir por la alimentación de vapor importado. El agua hirviendo se transporta entonces antes y durante la operación de arranque
45 y/o de parada preferentemente por los serpentines de evaporador (20) y/o por los serpentines de preevaporador (18). Los serpentines de recalentador (19) del refrigerador de gas de proceso (3) pueden calentarse adicionalmente con vapor sobrecalentado o con vapor saturado. Con ello, se calienta asimismo el gas de proceso (por ejemplo, aire) que inunda el refrigerador de gas de proceso (3) durante la operación de arranque y/o de parada. El gas de proceso calentado (por ejemplo, aire) emite entonces su energía térmica a un intercambiador de calor (5)
50 subsiguiente en el lado del gas residual, mediante lo cual se calienta el gas residual en el lado del gas residual. Por lo tanto, también se aumenta cantidad de calor que se transmite desde el gas de proceso (por ejemplo, aire) en el lado del gas NO al lado del gas residual.

Un economizador (2) típico presenta, por regla general, en el interior al menos un grupo de serpentines (24) por los que se transporta, en el funcionamiento estacionario, el agua de alimentación que va a calentarse. A este respecto,
55 se trata, en general, de agua de alimentación de caldera. En el funcionamiento estacionario, el gas de proceso inunda el interior del economizador (2) y emite una parte de su energía térmica al agua de alimentación en los serpentines (24). En el funcionamiento de arranque y de parada de la instalación, puede conducirse por estos serpentines (24) un fluido portador de calor en lugar del agua de alimentación como refrigerante, lo cual calienta el gas de proceso en el interior del economizador (2) en vez de refrigerarlo. A este respecto, pueden cargarse uno,

5 varios o incluso todos estos serpentines (24) con el fluido portador de calor. En una variante alternativa, el economizador también puede estar equipado con serpentines (25) adicionales por los que se conduce un medio de calentamiento en el funcionamiento de arranque y de parada de la instalación, conduciéndose por los serpentines (24) habituales asimismo un tal medio de calentamiento o desactivándose por los serpentines (24) habituales o accionándose con el medio presente del funcionamiento estacionario. En cualquier caso, en el funcionamiento de arranque y/o de parada de acuerdo con la invención, se realiza preferentemente un calentamiento del gas de proceso que inunda el economizador (2).

10 Para esto, en otra variante preferente del procedimiento de acuerdo con la invención, pueden cargarse serpentines (24, 25) adicionales y/o existentes en el economizador (2) durante la operación de arranque y/o de parada con un medio suministrado caliente, por ejemplo, con vapor (externo) sobrecalentado o saturado, mediante lo cual se aumenta la temperatura del gas de proceso situado en el lado del gas NO. Con ello, se calienta el gas de proceso (por ejemplo, aire) que inunda el economizador (2) durante la operación de arranque y/o de parada. El gas de proceso calentado (por ejemplo, aire) emite entonces su energía térmica en un intercambiador de calor (4) posconectado al lado del gas residual, mediante lo cual el gas residual se precalienta en el lado del gas residual y más preferentemente se calienta en una etapa posconectada con energía térmica del refrigerador de gas de proceso (3) a la temperatura de entrada requerida por la al menos una turbina de gas residual (11).

20 En una forma de realización más preferente del procedimiento de acuerdo con la invención, con el fin de la garantía de una buena transmisión de calor, se calientan, además de los serpentines (25) adicionales, los serpentines (24) existentes del economizador (2) durante la operación de arranque con vapor saturado y/o agua hirviendo del tambor de vapor (8) y/o de un sistema externo. Para ello, el tambor de vapor (8) y/o el sistema externo tiene que ponerse en marcha antes del arranque y/o de la parada, lo cual, por ejemplo, puede ocurrir por la alimentación de vapor importado. El agua se transporta entonces antes y durante la operación de arranque y/o de parada por los serpentines (24, 25) del economizador (2). Con ello, se calienta asimismo el gas de proceso (por ejemplo, aire) que inunda el economizador (2) durante la operación de arranque. El gas de proceso calentado (por ejemplo, aire) emite entonces su energía térmica a un intercambiador de calor (4) subsiguiente en el lado del gas residual, mediante lo cual se calienta el gas residual en el lado del gas residual. Por lo tanto, también se aumenta cantidad de calor que se transmite desde el gas de proceso (por ejemplo, aire) en el lado del gas NO al lado del gas residual.

Más preferentemente, todos los serpentines en el refrigerador de gas de proceso (3) y/o en el precalentador de agua de alimentación (2) se cargan con un medio de calentamiento durante el arranque y/o la parada de la instalación.

30 Otras formas de realización preferentes del procedimiento de acuerdo con la invención se refieren a un aprovechamiento de nuevo mejorado del contenido energético del fluido portador de calor utilizado en el refrigerador de gas de proceso (3) y/o en el economizador (2).

35 Puesto que el medio de calentamiento, por ejemplo, vapor de agua, no emite toda la energía contenida en él en los serpentines (18, 19, 20, 21, 24, 25) en el refrigerador de gas de proceso (3) o en el economizador (2), el medio de calentamiento del refrigerador de gas de proceso (3) o del economizador (2) se añade al gas residual en el lado del gas residual antes de la entrada en la al menos una turbina de gas residual (11) o se añade el medio de calentamiento al tambor de vapor (8); con ello, puede usarse la energía presente restante en el medio de calentamiento.

40 En otra variante preferente del procedimiento de acuerdo con la invención, en el lado del gas residual antes de la entrada en al menos una turbina de gas residual (11) se instala un intercambiador de calor (10) que se acciona, por ejemplo, con un fluido portador de calor caliente, por ejemplo, con vapor, para calentar el gas residual en el lado del gas residual de la instalación de ácido nítrico a la temperatura de entrada requerida por la turbina de gas residual (11) durante la operación de arranque y/o de parada.

45 La manera de funcionamiento de la instalación de ácido nítrico de acuerdo con la invención se realiza principalmente en la fase de arranque y/o de parada de la instalación, especialmente en la fase de arranque. Durante el funcionamiento estacionario, no se requieren las medidas del procedimiento de acuerdo con la invención.

50 Por el procedimiento de acuerdo con la invención, se produce ácido nítrico con una concentración en el intervalo del 40 al 76 % a partir de amoniaco y gas que contiene oxígeno según el procedimiento de presión única o dual, en el que la combustión del amoniaco utilizado ocurre mediante aire de proceso comprimido que se comprimió en el menos un compresor.

El gas nitroso formado por la combustión se absorbe al menos parcialmente por agua, mediante lo cual se produce ácido nítrico. El gas residual no absorbido se expande, con el fin de la recuperación del trabajo de compresión, en una o incluso varias turbinas de gas residual (11), también denominadas expansores de gas, preferentemente a presión ambiental.

55 Una forma de realización preferente del procedimiento de acuerdo con la invención se lleva a cabo en una instalación de ácido nítrico que presenta una torre de absorción para la absorción del gas nitroso formado por la combustión en agua con el fin de formar ácido nítrico así como una purificación de gas residual posconectada y una o varias turbinas de gas residual posconectadas, inundando durante la operación de arranque y/o de parada de la

- instalación de ácido nítrico un gas de proceso el refrigerador de gas de proceso (3) y el economizador (2) y calentándose en el refrigerador de gas de proceso (3) y/o en el economizador (2), emitiendo el gas de proceso calentado su energía térmica en uno o varios intercambiadores de calor (5, 4) subsiguientes en el lado del gas residual, mediante lo cual el gas residual se calienta en el lado del gas residual entre la torre de absorción y la purificación de gas residual. Esta medida posibilita una puesta en servicio más precoz de la purificación de gas residual en el caso del arranque o una puesta fuera de servicio retardada de la purificación de gas residual en el caso de la parada, mediante lo cual puede arrancarse y/o pararse de manera incolora.
- Como gas que contiene oxígeno se utiliza frecuentemente aire, pero también puede resultar ventajoso utilizar aire enriquecido con oxígeno.
- La invención se refiere especialmente a un procedimiento, llevándose a cabo el procedimiento en una instalación que comprende al menos una turbina de gas residual (11) con al menos dos etapas.
- La invención se refiere especialmente a un procedimiento que se lleva a cabo en una instalación que comprende al menos un equipo de absorción para la absorción de gas nitroso en agua.
- Aparte de eso, es objeto de la invención un dispositivo para llevar a cabo un procedimiento como el descrito anteriormente.
- Este dispositivo contiene al menos un compresor de aire (6), al menos un refrigerador de gas de proceso (3), al menos un precalentador de agua de alimentación (2) y al menos una turbina de gas residual (11), presentando el refrigerador de gas de proceso (3) y/o el precalentador de agua de alimentación (2), además de serpentines (18, 19, 20, 24) previstos para el funcionamiento estacionario, dado el caso, más serpentines (21, 25) adicionales, estando unido al menos uno de los serpentines (18, 19, 20, 21, 24, 25) a una fuente para un medio de calentamiento, de manera que al menos uno de los serpentines (18, 19, 20, 21, 24, 25) puede cargarse durante el arranque y/o la parada del dispositivo con el medio de calentamiento para el calentamiento del gas de proceso que fluye por el refrigerador de gas de proceso (3) y/o el precalentador de agua de alimentación (2), y estando posconectado al refrigerador de gas de proceso (3) y/o al precalentador de agua de alimentación (2) al menos un intercambiador de calor (5, 4) para transmitir energía térmica desde el gas de proceso calentado al gas residual que se suministra a la al menos una turbina de gas residual (11).
- En una variante preferente del dispositivo de acuerdo con la invención, el refrigerador de gas de proceso (3) y/o el precalentador de agua de alimentación (2) presentan, además de los serpentines (18, 19, 20, 24) previstos para el funcionamiento estacionario, más serpentines (21, 25) adicionales, estando unidos los serpentines (21, 25) adicionales a una fuente para un medio de calentamiento, preferentemente con un tambor de vapor (8) y/o un sistema externo, de manera que los serpentines (21, 25) adicionales pueden cargarse durante el arranque y/o la parada del dispositivo con el medio de calentamiento para el calentamiento del gas de proceso que fluye por el refrigerador de gas de proceso (3) y/o el precalentador de agua de alimentación (2).
- En otra variante preferente del dispositivo de acuerdo con la invención, el refrigerador de gas de proceso (3) y/o el precalentador de agua de alimentación (2) presenta solo los serpentines (18, 19, 20, 24) previstos para el funcionamiento estacionario, estando unidos estos serpentines (18, 19, 20, 24) a una fuente para un medio de calentamiento, preferentemente con un tambor de vapor (8) y/o un sistema externo, de manera que estos serpentines (18, 19, 20, 24) pueden cargarse durante el arranque y/o la parada del dispositivo con el medio de calentamiento para el calentamiento del gas de proceso que fluye por el refrigerador de gas de proceso (3) y/o el precalentador de agua de alimentación (2).
- En otra variante preferente del dispositivo de acuerdo con la invención, todos los serpentines (18, 19, 20, 24) previstos para el funcionamiento estacionario y los serpentines (21, 25) adicionales existentes, dado el caso, están unidos a una fuente para un medio de calentamiento, de manera que estos serpentines pueden cargarse durante el arranque y/o la parada del dispositivo con un medio de calentamiento para el calentamiento del gas de proceso que fluye por el refrigerador de gas de proceso (3) y/o el precalentador de agua de alimentación (2).
- En otra variante preferente del dispositivo de acuerdo con la invención, la transmisión de la energía térmica obtenida en el intercambiador de calor (5, 4) se realiza en el lado del gas residual entre la torre de absorción y la purificación de gas residual de la instalación de ácido nítrico.
- Con ayuda del procedimiento de acuerdo con la invención o del dispositivo de acuerdo con la invención, se pueden arrancar y parar instalaciones para la producción de ácido nítrico de manera rápida y respetuosa con el material sin que exista un riesgo de congelación de la(s) turbina(s) de gas residual (11). Especialmente en el empleo de turbinas de gas residual (11) con alto grado de eficiencia, el procedimiento de acuerdo con la invención ofrece un alto nivel de seguridad de funcionamiento, puesto que puede evitarse de manera segura una congelación de las turbinas de gas residual (11). Adicionalmente, la invención posibilita una puesta en servicio más precoz o una puesta fuera de servicio posterior de la purificación de gas residual, mediante lo cual puede arrancarse y/o pararse de manera incolora.

La Figura 1 describe esquemáticamente el procedimiento de acuerdo con la invención.

La Figura 2 describe un refrigerador de gas de proceso utilizable de acuerdo con la invención.

La Figura 3 describe un economizador utilizable de acuerdo con la invención.

- 5 La Figura 1 muestra parte de una instalación de ácido nítrico (1) no realizada en detalle así como un economizador (2), un refrigerador de gas de proceso (3), intercambiadores de calor (4, 5, 10), una turbina de gas residual (11), una chimenea (12) y un tambor de vapor (8), una bomba (9) así como un compresor de aire (6). En el arranque de la instalación, el aire del compresor de aire (6) se calienta por el refrigerador de gas de proceso (3) y el economizador (2) y se introduce en la parte de la instalación (1). Se extrae energía térmica del aire calentado en los intercambiadores de calor (4, 5) y se suministra al lado del gas residual. Puede realizarse otro calentamiento del lado del gas residual por intercambiadores de calor (10). El fluido portador de calor para el calentamiento del aire en el refrigerador de gas de proceso (3) y en el economizador (2) puede proceder del tambor de vapor (8) y/o de un sistema externo y se suministra a los serpentines no representados por la bomba (9). El fluido portador de calor refrigerado procedente del refrigerador de gas de proceso (3) y del economizador (2) se suministra a la turbina de gas residual (11) y/o al tambor de vapor (8). Al tambor de vapor (8) puede suministrarse además vapor externo u otro fluido caliente.
- 10
- 15 La Figura 2 muestra un refrigerador de gas de proceso en sección longitudinal. Están representados la cubierta (22) con salida (17) así como la tapa (15) con entrada (16) para el gas de proceso que fluye por el espacio interior. La tapa (15) y la cubierta (22) están unidas por una brida (23). En el interior del refrigerador de gas de proceso se encuentran serpentines de preevaporador (18), serpentines de recalentador (19), serpentines de evaporador (20) y serpentines (21) adicionales para el precalentamiento. Los serpentines (21) adicionales se usan principalmente durante el arranque y/o la parada de la instalación y se cargan con medio de calentamiento. Los serpentines de preevaporador (18), serpentines de recalentador (19) y serpentines de evaporador (20) pueden cargarse con medio de calentamiento durante el arranque y/o la parada de la instalación. En el funcionamiento estacionario, estos serpentines se cargan con refrigerante.
- 20
- 25 La Figura 3 muestra un economizador en sección longitudinal. Están representados la cubierta (22) con entrada y salida (16, 17) para el gas de proceso que fluye. En el interior del economizador se encuentran serpentines (24) para el calentamiento del gas de proceso que fluye por el interior y serpentines (25) adicionales para el mayor calentamiento del gas de proceso que fluye por el interior. Los serpentines (25) adicionales se usan principalmente durante el arranque y/o la parada de la instalación y se cargan con medio de calentamiento. Los serpentines (24) pueden cargarse con medio de calentamiento durante el arranque y/o la parada de la instalación. En el funcionamiento estacionario, estos serpentines (24) se cargan con agua de alimentación de caldera que se calienta por el gas NO caliente que fluye por el economizador.
- 30

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el arranque y/o parada de una instalación para la producción de ácido nítrico a partir de amoníaco y gas que contiene oxígeno según el procedimiento de presión única o dual, en el que la oxidación del amoníaco utilizado ocurre mediante aire de proceso comprimido en un catalizador, que se comprimió en al menos un compresor (6), el gas nitroso formado por la combustión se refrigera en uno o varios refrigeradores de gas de proceso (3) equipados con serpentines para un refrigerante así como en uno o varios precalentadores de agua de alimentación (2) equipados con serpentines para un refrigerante y a continuación el gas nitroso refrigerado se absorbe al menos parcialmente por agua, mediante lo cual se produce ácido nítrico, y el gas residual no absorbido se expande con el fin de obtener trabajo del compresor en al menos una turbina de gas residual (11), **caracterizado porque**, durante el arranque y/o la parada de la instalación de ácido nítrico, el refrigerador de gas de proceso (3) y el precalentador de agua de alimentación (2) se invaden por un gas de proceso, que se calienta en el refrigerador de gas de proceso (3) y/o en el precalentador de agua de alimentación (2) al cargarse al menos uno de los serpentines en el refrigerador de gas de proceso (3) y/o en el precalentador de agua de alimentación (2) con un medio de calentamiento, y guiarse el gas de proceso calentado por al menos un intercambiador de calor (5, 4) posconectado al refrigerador de gas de proceso (3) y/o al precalentador de agua de alimentación (2) para transmitir energía térmica desde el gas de proceso calentado al gas residual que se suministra a la al menos una turbina de gas residual (11).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** se cargan serpentines (18, 19, 20, 21) en el refrigerador de gas de proceso (3) durante la operación de arranque con medio de calentamiento suministrado caliente desde fuera, mediante lo cual se aumenta la temperatura del gas de proceso que fluye por el/los refrigerador(es) de gas de proceso (3) situado(s) sobre el lado del gas NO, y el gas de proceso calentado emite entonces su energía térmica en un intercambiador de calor (5) posconectado al lado del gas residual, mediante lo cual el gas residual en el lado del gas residual se calienta a la temperatura de entrada requerida por la turbina de gas residual (11).
3. Procedimiento según la reivindicación 2, **caracterizado porque** el medio de calentamiento suministrado caliente desde fuera es vapor sobrecalentado o saturado.
4. Procedimiento según la reivindicación 2, **caracterizado porque** se utiliza un refrigerador de gas de proceso (3) que presenta, además de los serpentines de preevaporador, de recalentador y/o de evaporador (18, 19, 20) previstos para el funcionamiento estacionario, más serpentines (21) adicionales, calentándose además de los serpentines (21) adicionales los serpentines de preevaporador, de recalentador y/o de evaporador (18, 19, 20) del refrigerador de gas de proceso (3) durante la operación de arranque y/o de parada con vapor saturado y/o con agua hirviendo de un tambor de vapor (8) y/o de un sistema externo, transportándose el agua hirviendo antes y durante la operación de arranque y/o de parada de la instalación de ácido nítrico preferentemente por los serpentines de evaporador (20) y/o los serpentines de preevaporador (18) y calentándose los serpentines de recalentador (19) del refrigerador de gas de proceso (3) adicionalmente con vapor sobrecalentado o con vapor saturado.
5. Procedimiento según la reivindicación 2, **caracterizado porque** se utiliza un refrigerador de gas de proceso (3) que presenta solo los serpentines de preevaporador, de recalentador y/o de evaporador (18, 19, 20) previstos para el funcionamiento estacionario, que se calientan durante la operación de arranque y/o de parada con vapor saturado y/o con agua hirviendo de un tambor de vapor (8) y/o de un sistema externo, transportándose el agua hirviendo antes y durante la operación de arranque y/o de parada de la instalación de ácido nítrico por los serpentines de evaporador (20) y/o los serpentines de preevaporador (18) y calentándose los serpentines de recalentador (19) del refrigerador de gas de proceso (3) adicionalmente con vapor sobrecalentado o vapor saturado.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** se utiliza un precalentador de agua de alimentación (2) que presenta, además de los serpentines (24) previstos para el funcionamiento estacionario, más serpentines (25) adicionales, cargándose los serpentines (24, 25) adicionales y/o previstos para el funcionamiento estacionario en el precalentador de agua de alimentación (2) durante la operación de arranque y/o de parada con medio de calentamiento suministrado caliente, mediante lo cual se aumenta la temperatura del gas de proceso situado en el lado de gas NO, y emitiendo el gas de proceso calentado su energía térmica en un intercambiador de calor (4) posconectado al lado del gas residual, mediante lo cual se precalienta el gas residual en el lado del gas residual.
7. Procedimiento según la reivindicación 6, **caracterizado porque** el gas residual precalentado en el lado del gas residual se calienta en una etapa posconectada con energía térmica del refrigerador de gas de proceso (3) a la temperatura de entrada requerida por la turbina de gas residual (11).
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** se utiliza un precalentador de agua de alimentación (2) que presenta solo los serpentines (24) previstos para el funcionamiento estacionario, cargándose los serpentines (24) previstos para el funcionamiento estacionario en el precalentador de agua de alimentación (2) durante la operación de arranque y/o de parada con medio de calentamiento suministrado caliente, preferentemente con vapor sobrecalentado o saturado, mediante lo cual se aumenta la temperatura del gas de proceso situado en el lado de gas NO, y emitiendo el gas de proceso calentado su energía térmica en un intercambiador de calor (4) posconectado al lado del gas residual, mediante lo cual se precalienta el gas residual en el lado del gas residual.

9. Procedimiento según la reivindicación 8, **caracterizado porque** el gas residual precalentado en el lado del gas residual se calienta en una etapa posconectada con energía térmica del refrigerador de gas de proceso (3) a la temperatura de entrada requerida por la turbina de gas residual (11).
- 5 10. Procedimiento según la reivindicación 6, **caracterizado porque**, además de los serpentines (25) adicionales, los serpentines (24) del precalentador de agua de alimentación (2) previstos para el funcionamiento estacionario se calientan durante la operación de arranque con vapor saturado y/o con agua hirviendo de un tambor de vapor (8) y/o de un sistema externo, mediante lo cual se calienta el gas de proceso que inunda el precalentador de agua de alimentación (2) durante la operación de arranque, y después emite su energía térmica en un intercambiador de calor (4) posconectado al lado del gas residual, mediante lo cual se calienta el gas residual en el lado del gas residual.
- 10 11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** el medio de calentamiento que fluye por los serpentines del refrigerador de gas de proceso (3) y/o del precalentador de agua de alimentación (2) se añade al gas residual en el lado del gas residual antes de la entrada en al menos una turbina de gas residual (11) o porque el medio de calentamiento que fluye por los serpentines del refrigerador de gas de proceso (3) y/o del precalentador de agua de alimentación (2) se añade al tambor de vapor (8).
- 15 12. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizado porque** en el lado del gas residual antes de la entrada en al menos una turbina de gas residual (11) está instalado un intercambiador de calor (10) que se acciona con un fluido portador de calor caliente para calentar el gas residual en el lado del gas residual de la instalación de ácido nítrico, al menos durante la operación de arranque y/o de parada, a la temperatura de entrada requerida por la turbina de gas residual (11).
- 20 13. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizado porque** el procedimiento se lleva a cabo en una instalación que comprende al menos un equipo de absorción para la absorción de gas nitroso en agua.
14. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 13, **caracterizado porque** este se lleva a cabo en una instalación de ácido nítrico que presenta una torre de absorción para la absorción del gas nitroso formado por la combustión en agua con el fin de formar ácido nítrico así como una purificación de gas residual posconectada y una o varias turbinas de gas residual posconectadas, inundando durante la operación de arranque y/o de parada de la instalación de ácido nítrico un gas de proceso el refrigerador de gas de proceso (3) y el economizador (2) y calentándose en el refrigerador de gas de proceso (3) y/o en el economizador (2), emitiendo el gas de proceso calentado su energía térmica en uno o varios intercambiadores de calor (5, 4) subsiguientes en el lado del gas residual, mediante lo cual el gas residual se calienta en el lado del gas residual entre la torre de absorción y la purificación de gas residual.
- 25 30 15. Dispositivo para llevar a cabo el procedimiento de la reivindicación 1 que contiene al menos un compresor de aire (6), al menos un refrigerador de gas de proceso (3), al menos un precalentador de agua de alimentación (2) y al menos una turbina de gas residual (11), presentando el refrigerador de gas de proceso (3) y el precalentador de agua de alimentación (2) serpentines (18, 19, 20, 24), estando unido al menos uno de los serpentines a una fuente para un medio de calentamiento, de manera que el al menos un serpentín puede cargarse en el refrigerador de gas de proceso (3) y/o en el precalentador de agua de alimentación (2) durante el arranque y/o la parada del dispositivo con el medio de calentamiento para el calentamiento del gas de proceso que fluye por el refrigerador de gas de proceso (3) y el precalentador de agua de alimentación (2), y estando posconectado al refrigerador de gas de proceso (3) y/o al precalentador de agua de alimentación (2) al menos un intercambiador de calor (5, 4) para transmitir energía térmica desde el gas de proceso calentado al gas residual que se suministra a la turbina de gas residual (11).
- 35 40 16. Dispositivo según la reivindicación 15, **caracterizado porque** el refrigerador de gas de proceso (3) y/o el precalentador de agua de alimentación (2) presentan, además de los serpentines (18, 19, 20, 24) previstos para el funcionamiento estacionario, más serpentines (21, 25) adicionales, estando unidos los serpentines (21, 25) adicionales a una fuente para un medio de calentamiento, de manera que los serpentines (21, 25) adicionales pueden cargarse durante el arranque y/o la parada del dispositivo con el medio de calentamiento para el calentamiento del gas de proceso que fluye por el refrigerador de gas de proceso (3) y/o el precalentador de agua de alimentación (2).
- 45 50 17. Dispositivo según la reivindicación 16, **caracterizado porque** la fuente para un medio de calentamiento es un tambor de vapor (8) y/o un sistema externo.
- 55 18. Dispositivo según una de las reivindicaciones 15 a 17, **caracterizado porque** el refrigerador de gas de proceso (3) y/o el precalentador de agua de alimentación (2) presenta solo los serpentines (18, 19, 20, 24) previstos para el funcionamiento estacionario, estando unidos estos serpentines a una fuente para un medio de calentamiento, de manera que estos serpentines pueden cargarse durante el arranque y/o la parada del dispositivo con el medio de calentamiento para el calentamiento del gas de proceso que fluye por el refrigerador de gas de proceso (3) y/o el precalentador de agua de alimentación (2).

19. Dispositivo según una de las reivindicaciones 15 a 18, **caracterizado porque** la transmisión de la energía térmica obtenida en el intercambiador de calor (5, 4) se realiza en el lado del gas residual entre la torre de absorción y la purificación de gas residual de la instalación de ácido nítrico.

5 20. Dispositivo según una de las reivindicaciones 15 a 19, **caracterizado porque** este comprende al menos una turbina de gas residual (11) con al menos dos etapas.

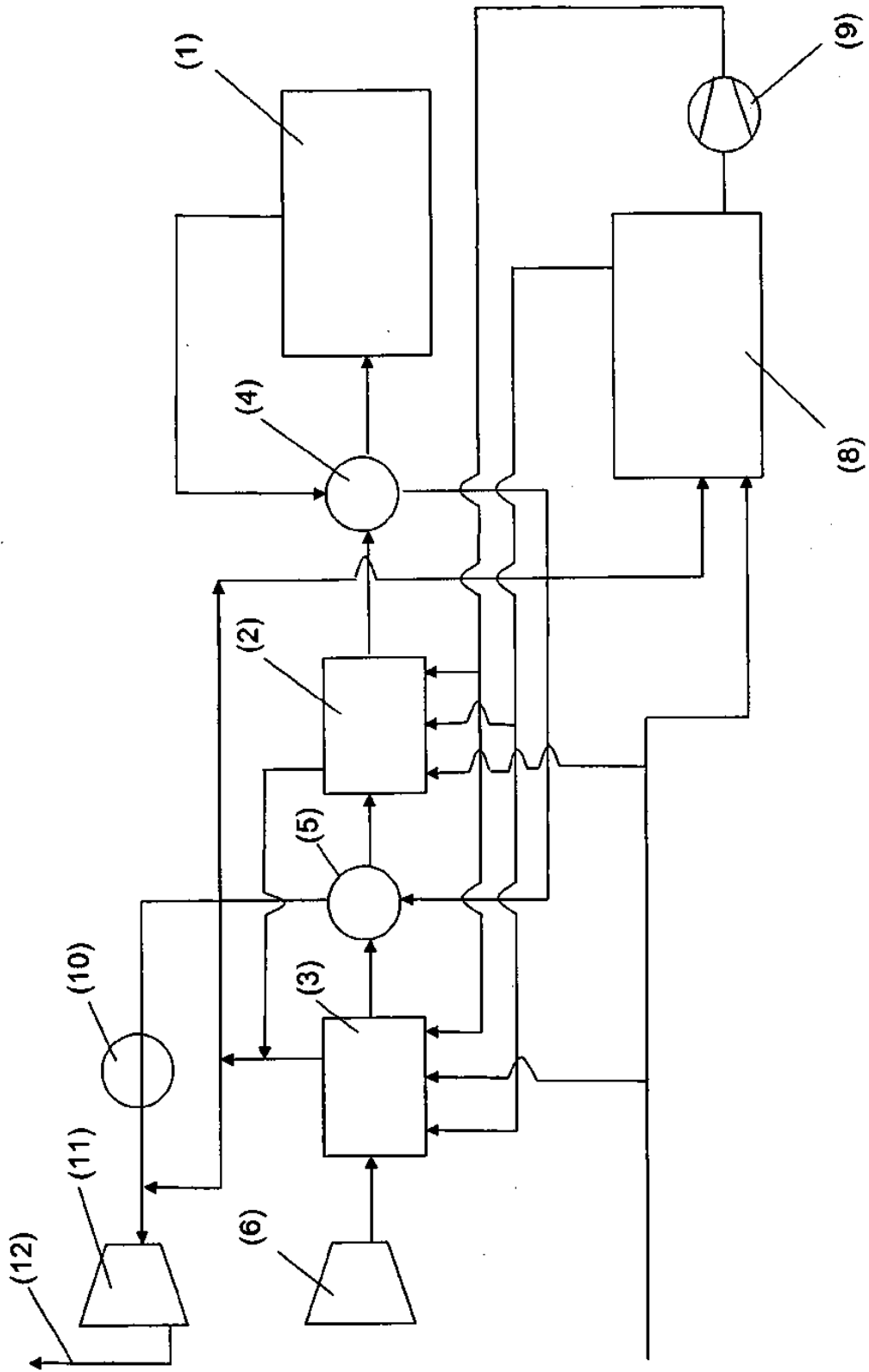


Figura 1

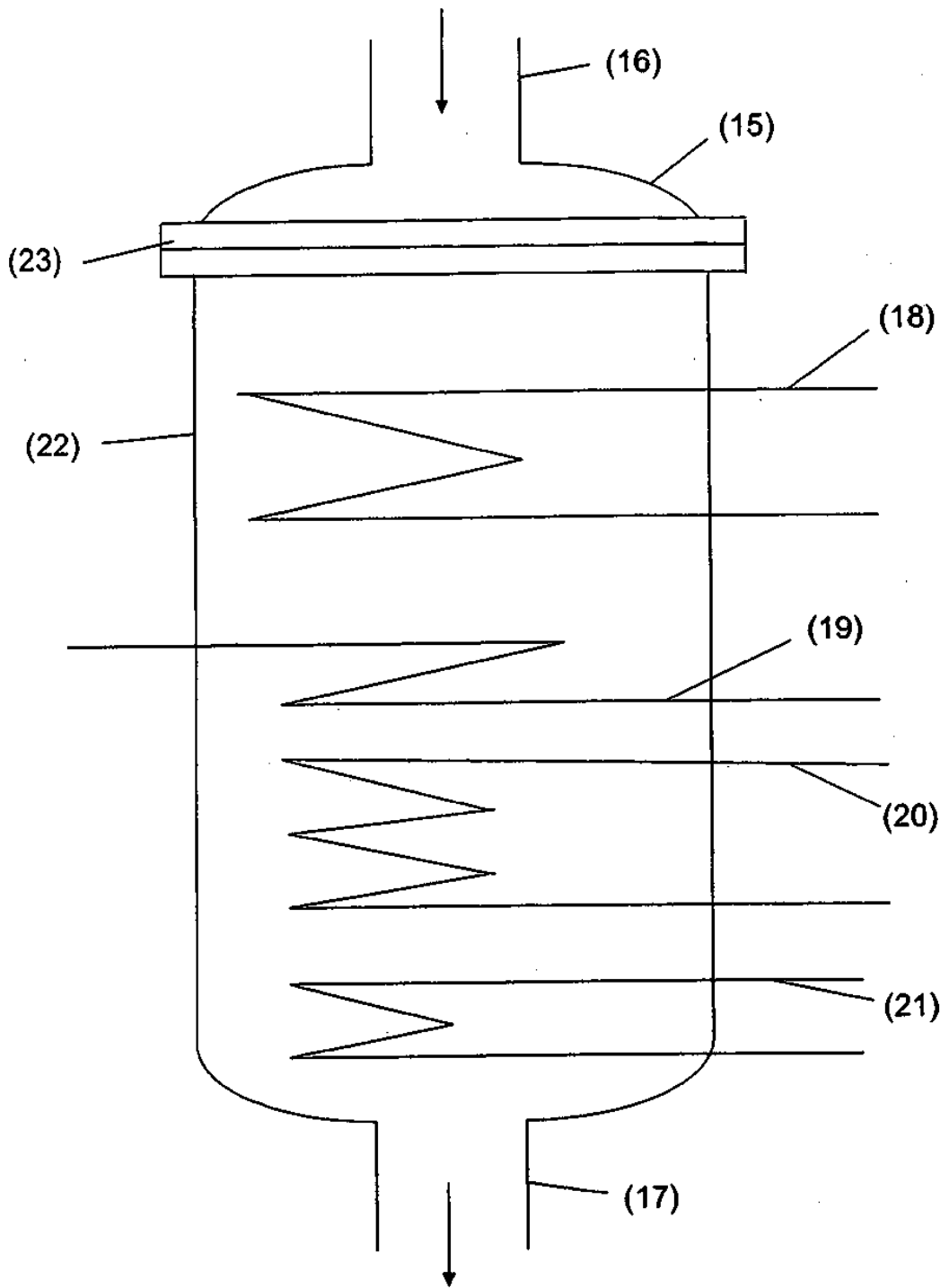


Figura 2

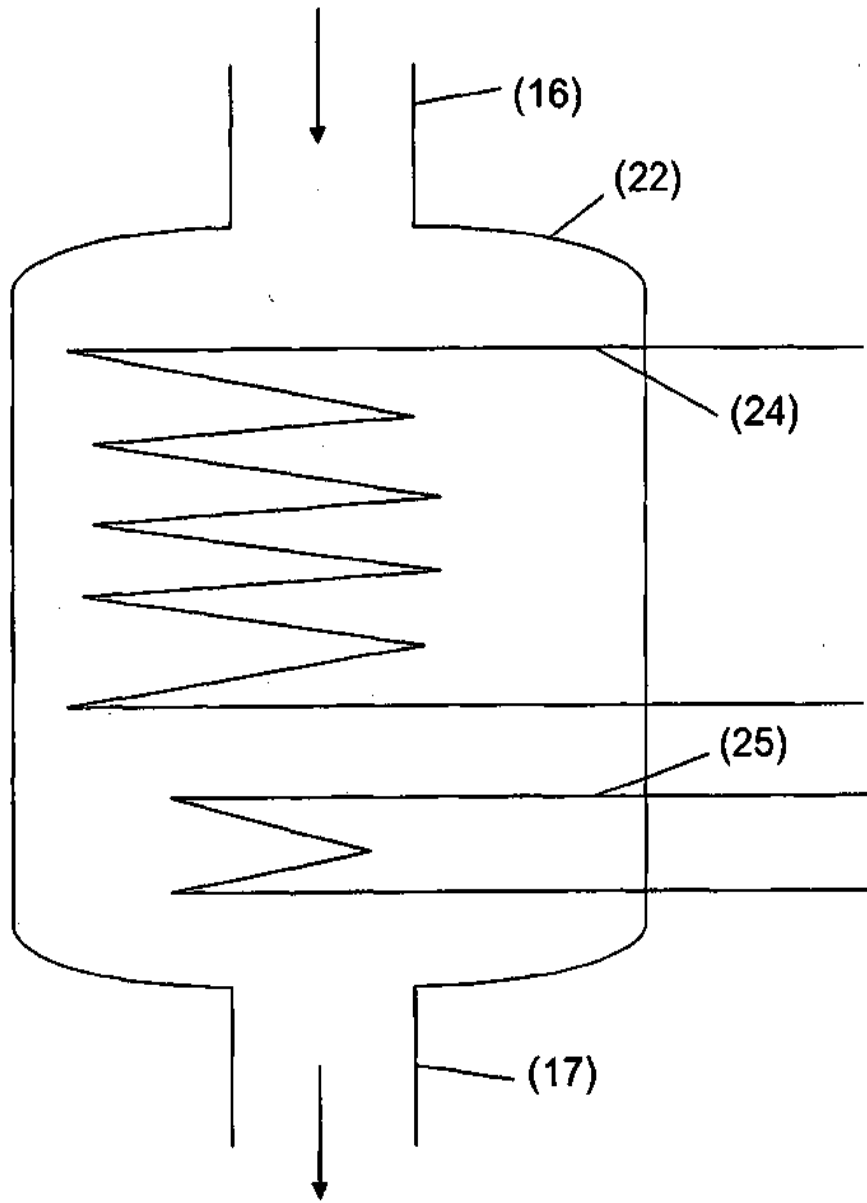


Figura 3