

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 836 276**

51 Int. Cl.:

B01D 53/86 (2006.01)

C01B 21/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA MODIFICADA
TRAS OPOSICIÓN

T5

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.04.2017 PCT/EP2017/058943**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.10.2017 WO17182387**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.04.2017 E 17721060 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea modificada tras oposición: **26.07.2023 EP 3454975**

54 Título: **Procedimiento para la reducción de la concentración de gas de escape de NOx en una instalación para la producción de ácido nítrico durante la parada y/o el arranque de la instalación**

30 Prioridad:

22.04.2016 DE 102016206872

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente modificada:
04.03.2024

73 Titular/es:

**THYSSENKRUPP INDUSTRIAL SOLUTIONS AG
(50.0%)**

**ThyssenKrupp Allee 1
45143 Essen, DE y
THYSSENKRUPP AG (50.0%)**

72 Inventor/es:

**RUTHARDT, KLAUS;
GROVES, MICHAEL y
KERN, PAUL**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 836 276 T5

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la reducción de la concentración de gas de escape de NO_x en una instalación para la producción de ácido nítrico durante la parada y/o el arranque de la instalación

5

La presente invención se refiere a un procedimiento para la reducción de la concentración de óxidos de nitrógeno NO_x en gas residual, que se produce durante la parada y/o el arranque de una instalación para la producción de ácido nítrico, de acuerdo con la reivindicación 1.

- 10 Para la producción de ácido nítrico se oxida de manera catalítica habitualmente amoníaco (NH_3) con oxígeno del aire. En este caso se produce NO , que se oxida con oxígeno para dar NO_2 y a continuación se absorbe con H_2O en una columna de absorción con formación de HNO_3 . NO y NO_2 se designan como gases nitrosos o también como óxidos de nitrógeno NO_x . Las instalaciones modernas para la producción de ácido nítrico se accionan con presión para conseguir concentraciones de ácido más altas y con ello mejores grados de acción en la absorción y velocidades de degradación más altas de óxidos de nitrógeno NO_x en el gas residual.

15

Se diferencian instalaciones de dos presiones y de monopresión. En el caso de las instalaciones de dos presiones se realiza la producción de los óxidos de nitrógeno NO_x mediante la oxidación de amoníaco con una presión de aproximadamente $4 \cdot 10^5$ a $6 \cdot 10^5$ Pa (de 4 a 6 bar) y la absorción de los óxidos de nitrógeno NO_x así generados con agua para dar ácido nítrico con de $1 \cdot 10^6$ a $1,5 \cdot 10^6$ Pa (de 10 a 15 bar). En el caso de instalaciones de monopresión se realizan, por el contrario, la generación de gases y la absorción con presión aproximadamente igual de aproximadamente $6 \cdot 10^5$ a $1,4 \cdot 10^6$ Pa (de 6 a 14 bar). Para la generación de presión sirven los condensadores, que se accionan por medio de turbinas de gas y/o de vapor o bien electromotor.

20

- 25 Las instalaciones modernas para la producción de ácido nítrico, tal como se describen, por ejemplo, en el documento DE102013004341, están equipadas con instalaciones de purificación de gas residual, para reducir la concentración de los óxidos de nitrógeno NO_x en el gas residual. A continuación, el gas residual con una concentración reducida de óxidos de nitrógeno NO_x se emite al entorno como gas de escape. A este respecto se reducen los óxidos de nitrógeno NO_x , o sea NO y NO_2 , habitualmente en las instalaciones de purificación de gas residual mediante procedimientos SCR (*Selective Catalytic Reduction*, reducción catalítica selectiva) con alimentación de agentes de reducción adecuados, tal como por ejemplo amoníaco, en catalizadores SCR adecuados, tal como por ejemplo catalizadores DeNOx a base de $\text{V}_2\text{O}_5/\text{TiO}_2$. La proporción relativa de NO_2 con respecto a la cantidad total molar de NO_x en el gas residual se caracteriza por el grado de oxidación del NO_x . Un desarrollo posterior de la tecnología SCR en el sector de la tecnología de ácido nítrico es el procedimiento EnviNOx®, en el que los óxidos de nitrógeno NO_x se reducen de manera especialmente eficaz mediante alimentación de agentes de reducción adecuados y prácticamente a no puede detectarse NO_x en el gas de escape en muchos casos. Adicionalmente, a este respecto se reduce igualmente N_2O o se descompone catalíticamente.

30

35

- 40 Las concentraciones de las emisiones de óxido de nitrógeno NO_x no deben superar de acuerdo con las imposiciones administrativas un valor límite máximo. Actualmente, un valor de 50 ppm es un valor límite habitual, sin embargo, ha de esperarse que éste se reduzca en un futuro.

40

A diferencia del funcionamiento estacionario de las instalaciones para la producción de ácido nítrico, durante la parada y/o arranque o bien durante el fallo de la instalación no es posible actualmente sin embargo o solo de manera limitada evitar emisiones temporalmente limitadas de óxidos de nitrógeno NO_x , que sobrepasan claramente los valores límite.

45

Durante el fallo o bien durante la parada de la instalación para la producción de ácido nítrico se expanden los óxidos de nitrógeno NO_x que se encuentran en la instalación bajo presión habitualmente a través de la columna de absorción y la instalación de purificación de gas residual en el entorno. La instalación de purificación de gas residual puede mantenerse en funcionamiento sin embargo solo hasta una determinada temperatura límite permitida, por debajo de la cual debe ponerse fuera de servicio. Los sistemas de purificación de gas residual, en los que se usa NH_3 como agente de reducción para los óxidos de nitrógeno NO_x , pueden ponerse en marcha de manera duradera concretamente solo a partir de una temperatura límite mínima, para evitar la formación indeseada y acumulación de NH_4NO_3 sobre el catalizador SCR. Esta temperatura límite se encuentra con frecuencia en el intervalo de 170 a 200 °C. En el funcionamiento estacionario, las instalaciones para la producción de ácido nítrico alcanzan normalmente temperaturas de funcionamiento de aprox. 300 °C a aprox. 600 °C, pudiéndose hacer funcionar la instalación de purificación de gas residual sin formación indeseada y acumulación de NH_4NO_3 .

50

55

Por regla general debe realizarse la desconexión de la instalación de purificación de gas residual antes de la expansión completa de la instalación, por lo que aumenta mucho la concentración de los óxidos de nitrógeno NO_x en el gas residual que va a emitirse al entorno. Otro aumento de las emisiones de óxido de nitrógeno NO_x se produce debido a que la columna de absorción equipada habitualmente con fondo perforado se vuelve inestable con expansión creciente de la instalación, de modo que el grado de acción de absorción disminuye mucho. Tan pronto como la instalación de purificación de gas residual esté fuera de servicio, aumentará mucho, durante la expansión residual, la concentración de emisiones de óxidos de nitrógeno NO_x .

60

65

Durante el fallo o bien la parada de una instalación para la producción de ácido nítrico se ahorra habitualmente en primer lugar la alimentación de amoníaco para la generación de gases, antes de que se desconecte el grupo de máquinas de la instalación. Siempre que la instalación de purificación de gas residual pueda mantenerse en funcionamiento con la consideración de las temperaturas límites, el gas residual que va a emitirse al entorno no superará la concentración de óxidos de nitrógeno NO_x el gas residual será incoloro. Es ventajoso a este respecto mantener en funcionamiento el grupo de máquinas siempre que sea posible, hasta que los óxidos de nitrógeno NO_x se hayan sustituido por aire en la instalación para la producción de ácido nítrico. Sin embargo, cuando sea necesaria una desconexión del grupo de máquinas inmediatamente o poco después de la desconexión de la alimentación de amoníaco, ya no se proporciona un intercambio de gases de este tipo. Con la expansión posterior y la obtención forzosa condicionada por esto de la temperatura límite para la instalación de purificación de gas residual y el fallo condicionado por esto de la instalación de purificación de gas residual se producen claramente emisiones más altas de óxidos de nitrógeno NO_x .

Debido al equilibrio termodinámico se encuentran los óxidos de nitrógeno NO_x con enfriamiento de la temperatura de funcionamiento predominantemente en forma de NO_2 , por lo que éstos se vuelven visibles en el gas residual, que se emite al entorno, como gas marrón.

También durante el arranque se sobrepasa el valor límite de la concentración de óxidos de nitrógeno NO_x en el gas residual emitido al entorno. Una parte de este gas residual son gases que durante la parada de la instalación se han quedado en las tuberías y aparatos o se han formado en éstos. Otra parte resulta de desprendimiento de gases de NO_x de ácido nítrico no blanqueado (contiene NO_x disuelto), con el que habitualmente durante la nueva puesta en marcha de la instalación se llena la columna de absorción.

Un procedimiento para la reducción de la concentración de óxidos de nitrógeno NO_x en gases residuales durante la parada y/o arranque de una instalación para la producción de ácido nítrico, accionada con presión, cuyo gas residual que sale se trata en una instalación de purificación de gas residual, se propone en el documento DE 102 11 964. A este respecto, durante la parada de la instalación, inmediatamente tras el fallo de la instalación de purificación de gas residual, se mantiene la presión que impera dentro de la instalación y el gas residual se expande a continuación de manera controlada. Por medio del aire alimentado desde fuera se diluye el gas residual y se emite al entorno. Mediante esta medida puede conseguirse una emisión controlada de gases residuales al entorno, cuyo contenido en óxidos de nitrógeno NO_x se encuentra en dilución suficiente, de modo que la concentración de los óxidos de nitrógeno NO_x se encuentre en el intervalo no visible. Sin embargo, el contenido en óxidos de nitrógeno NO_x no se reduce mediante esta medida, dado que ya no es posible una degradación de los óxidos de nitrógeno NO_x en la instalación de purificación de gas residual.

El documento DE 10 2011 1212 142 divulga un procedimiento y un dispositivo para la producción de ácido nítrico. El procedimiento o bien el dispositivo están caracterizados por que al menos durante el arranque y/o la parada de la instalación de ácido nítrico en la turbina de gas residual se toma un flujo parcial del medio que atraviesa la turbina de gas residual y/o por que delante de la turbina de gas residual se toma un flujo parcial del medio alimentado a la turbina de gas residual y se alimenta a una chimenea.

El documento DE 10 2012 000 569 A1 da a conocer un procedimiento para el arranque y la parada incoloros de instalaciones de ácido nítrico con las características mencionadas anteriormente. A este respecto, durante el arranque y/o durante la parada de la instalación de ácido nítrico se alimenta fluido calentado que se encuentra bajo presión en la instalación de ácido nítrico, para reducir la velocidad de la caída de temperatura del gas que fluye a través de la instalación de ácido nítrico durante el desprendimiento de la instalación o para aumentar la velocidad del aumento de la temperatura del gas que fluye a través de la instalación de ácido nítrico durante el arranque de la instalación.

El documento DE 10 2012 000 570 A1 divulga un procedimiento y un dispositivo para la producción de ácido nítrico, caracterizados por que a través de la turbina de gas residual fluye un gas residual que se ha calentado mediante intercambio de calor con un líquido calentado, que al menos ha atravesado un refrigerador de gas de proceso y/o al menos un precalentador de agua de alimentación.

El documento DE 10 2012 010 017 A1 da a conocer un procedimiento para la reducción de la concentración de gas de escape de óxido de nitrógeno en una instalación de ácido nítrico durante la parada y/o el arranque, así como instalaciones de ácido nítrico adecuadas para ello. El procedimiento está caracterizado por que durante el arranque y/o la parada de la instalación de ácido nítrico se conducen gas de escape que se encuentra bajo presión, que contiene óxidos de nitrógeno procedente de la instalación de ácido nítrico, así como agente de reducción gaseoso para los óxidos de nitrógeno en un reactor llenado con catalizador, que está previsto adicionalmente al reactor para la purificación del gas residual.

Los procedimientos y los dispositivos de una instalación accionada con presión para la producción de ácido nítrico durante la parada y/o el arranque de la instalación no son satisfactorios sin embargo a todos los efectos y existe una necesidad de procedimientos y dispositivos mejorados.

Un objetivo de la invención es reducir la concentración de óxidos de nitrógeno NO_x en el gas residual desprendido al

entorno, que se produce durante la parada y/o el arranque de instalaciones para la producción de ácido nítrico, debiéndose evitar el fallo de la instalación de purificación de gas residual. La concentración de óxidos de nitrógeno NO_x en el gas residual desprendido al entorno debe encontrarse a este respecto por debajo del límite visible.

5 Este objetivo se consigue por el objeto de las reivindicaciones.

Un primer aspecto de la invención se refiere a un procedimiento para la reducción de la concentración de óxidos de nitrógeno NO_x en gas residual, que se produce durante la parada y/o el arranque de una instalación para la producción de ácido nítrico, en el que el procedimiento comprende las siguientes etapas:

- 10 (a) regular la temperatura del gas residual durante la parada y/o el arranque de la instalación para la producción de ácido nítrico con un dispositivo de regulación de la temperatura; y
 (b) tratar el gas residual con temperatura regulada en la etapa (a) en una instalación de purificación de gas residual, en el que el dispositivo de regulación de la temperatura es un intercambiador de calor o un acumulador de calor y
 15 en el que el gas residual se conduce en un circuito y a este respecto atraviesa el dispositivo de regulación de la temperatura y la instalación de purificación de gas residual.

El intercambiador de calor o bien acumulador de calor de acuerdo con la invención no está limitado de acuerdo con la invención en cuanto a su estructura. Los intercambiadores de calor adecuados comprenden intercambiadores de calor de haz tubular, intercambiadores de calor de placa, intercambiadores de calor espiral, intercambiadores de calor tubulares en U, intercambiadores de calor de tubo envolvente, etc. Los acumuladores de calor adecuados comprenden básicamente todos los elementos de construcción, que presentan una capacidad de calor comparativamente grande y absorben calor de gases y pueden desprender este calor de nuevo a gases. El experto conoce intercambiadores de calor y acumuladores de calor adecuados.

25 Preferentemente se realiza el procedimiento para la reducción de la concentración de óxidos de nitrógeno NO_x en el gas residual en una instalación accionada bajo presión para la producción de ácido nítrico. Para la generación de presión sirven preferentemente los condensadores, que se accionan por medio de turbinas de gas y/o de vapor o bien electromotor. Una turbina de gas se acciona a este respecto preferentemente con el gas de escape de la instalación para la producción de ácido nítrico con el uso de la presión aplicada por al menos un condensador.

Un experto puede diferenciar el estado de una instalación para la producción de ácido nítrico durante su parada y/o arranque del estado de la instalación durante su funcionamiento estacionario. La parada de la instalación sigue al funcionamiento estacionario, el arranque de la instalación precede al funcionamiento estacionario.

35 En la etapa (a) del procedimiento de acuerdo con la invención se regula la temperatura del gas residual durante la parada y/o el arranque de la instalación para la producción de ácido nítrico con un dispositivo de regulación de la temperatura. Por regulación de la temperatura entiende un experto el ajuste de la temperatura, en el procedimiento de acuerdo con la invención el ajuste de la temperatura del gas residual. A este respecto se transfiere energía al gas residual, preferentemente en forma de calor.

En una forma de realización preferente se realiza la regulación de la temperatura durante toda la duración de la parada y/o del arranque de la instalación para la producción de ácido nítrico, sin embargo, puede realizarse también solo parcialmente. La regulación de la temperatura del gas residual puede realizarse también, sin embargo, no debe, en el funcionamiento estacionario que comprende la carga parcial, carga completa y sobrecarga. En una forma de realización preferente, el procedimiento de acuerdo con la invención puede realizarse tanto en el estado estacionario como también en el funcionamiento de carga parcial de la instalación para la producción de ácido nítrico. El funcionamiento de carga parcial de la instalación para la producción de ácido nítrico designa el estado de la instalación, en el que ésta se hace funcionar de manera continua por debajo de su capacidad máxima posible.

50 Por ejemplo puede iniciarse la regulación de la temperatura del gas residual solo después o poco antes del momento en cuanto la temperatura del gas residual durante la parada de la instalación para la producción de ácido nítrico alcanza el valor límite inferior de la temperatura de funcionamiento de la instalación de purificación de gas residual y/o siempre que la temperatura del gas residual durante el arranque de la instalación para la producción de ácido nítrico no haya alcanzado el valor límite inferior de la temperatura de funcionamiento de la instalación de purificación de gas residual. El inicio de la parada de la instalación para la producción de ácido nítrico y el inicio de la regulación de la temperatura con ayuda del dispositivo de regulación de la temperatura no tienen que coincidir temporalmente.

60 El espacio de tiempo de la parada y/o del arranque de la instalación puede, sin embargo, no debe, estar caracterizado por una disminución o bien un aumento de la presión dentro de la instalación para la producción de ácido nítrico. Por ejemplo, se regula la temperatura del gas residual durante la parada de la instalación para la producción de ácido nítrico con ayuda de la instalación de purificación de gas residual siempre que dentro de la instalación para la producción de ácido nítrico impere la presión ambiente.

65 En otra forma de realización preferente se regula la temperatura del gas residual también tras alcanzar y/o antes de abandonar la presión ambiente, o sea en el estado expandido de la instalación para la producción de ácido nítrico, con

ayuda del dispositivo de regulación de la temperatura.

Preferentemente se realiza la regulación de la temperatura del gas residual dependiendo de su temperatura. En otra forma de realización preferente se regula la temperatura del gas residual en cuanto se haya bloqueado la alimentación de amoníaco para la generación de los óxidos de nitrógeno NO_x durante la parada de la instalación o bien se haya abierto durante el arranque de la instalación.

Preferentemente se regula la temperatura del gas residual de manera que se permite un funcionamiento a ser posible largo de la instalación de purificación de gas residual tras la parada o bien un funcionamiento a ser posible breve de la instalación de purificación de gas residual durante el arranque de la instalación para la producción de ácido nítrico.

Preferentemente se regula la temperatura del gas residual en la etapa (a) hasta una temperatura en el intervalo de 300 a 550 °C.

Preferentemente se regula la temperatura del gas residual en la etapa (a) hasta una temperatura en el intervalo de 200 °C a 550 °C, más preferentemente en el intervalo de 300 °C a 480 °C y lo más preferentemente en el intervalo de 260 °C a 380 °C.

Preferentemente se regula la temperatura del gas residual en la etapa (a) hasta al menos 300 °C, más preferentemente al menos 325 °C, aún más preferentemente al menos 350 °C, lo más preferentemente al menos 375 °C y en particular al menos 400 °C.

Preferentemente se regula la temperatura del gas residual en la etapa (a) hasta como máximo 550 °C, más preferentemente como máximo 525 °C, aún más preferentemente como máximo 500 °C, lo más preferentemente como máximo 475 °C y en particular como máximo 450 °C.

Para regular la temperatura del gas residual se usan intercambiadores de calor y/o acumuladores de calor.

En una forma de realización no de acuerdo con la invención se hace funcionar de manera eléctrica el dispositivo de regulación de la temperatura y/o comprende el dispositivo de regulación de la temperatura un quemador.

Si el dispositivo de regulación de la temperatura se ha funcionar de manera eléctrica, puede estar equipado éste por ejemplo con elementos de calentamiento accionados eléctricamente. Un experto conoce correspondientes medios para el funcionamiento de un dispositivo de regulación de la temperatura eléctrico.

Si el dispositivo de regulación de la temperatura comprende un quemador, se transforma en el quemador preferentemente un combustible, de manera que se genera calor, con cuya ayuda puede regularse la temperatura del gas residual.

En otra forma de realización preferente se calientan con ayuda del quemador conductos, a través de los cuales fluye el gas residual. De esta manera pueden regularse en temperatura al menos partes del gas residual.

En una forma de realización no de acuerdo con la invención se mezcla al menos una parte del gas residual con al menos una parte de los gases de escape del quemador, de manera que puede regularse la temperatura del gas residual. Si la concentración de oxígeno residual en el gas residual es suficientemente alta, es igualmente posible que al menos una parte del gas residual se mezcle con un combustible y se transforme en el quemador. El gas de escape formado a este respecto, calentado puede mezclarse a continuación o también durante la transformación en el quemador con el gas residual. De esta manera puede regularse la temperatura del gas residual.

En la etapa (b) del procedimiento de acuerdo con la invención se trata el gas residual con temperatura regulada en la etapa (a) en una instalación de purificación de gas residual.

El gas residual se trata preferentemente en la instalación de purificación de gas residual, para reducir la concentración de óxidos de nitrógeno NO_x en el gas residual. Las instalaciones de purificación de gas residual las conoce un experto y permiten una reducción de los óxidos de nitrógeno NO_x , NO y NO_2 , habitualmente mediante procedimiento SCR con alimentación de agentes de reducción adecuados. Además, permiten preferentemente una reducción catalítica o descomposición de N_2O .

La instalación de purificación de gas residual está cargada preferentemente con catalizadores para la descomposición de óxidos de nitrógeno NO_x (catalizadores DeNO_x). Estos catalizadores los conoce el experto. Por regla general se trata a este respecto de catalizadores de metal de transición, que fomentan la reacción química de óxidos de nitrógeno NO_x con agentes de reducción. Se prefieren catalizadores DeNO_x clásicos, en particular aquellos que contienen metales de transición y/u óxidos de metal de transición, tal como por ejemplo óxidos de hierro, de níquel, de cobre, de cobalto, de manganeso, de rodio, de renio o de vanadio o platino metálico, oro o paladio, así como mezclas de dos o más de estos compuestos. Se prefieren especialmente catalizadores a base de $\text{V}_2\text{O}_5\text{-TiO}_2$.

Los catalizadores usados de acuerdo con la invención contienen habitualmente otros aditivos conocidos por el experto, tal como por ejemplo aglutinantes, por aluminosilicatos o boehmita.

El catalizador puede encontrarse como cuerpo moldeado de cualquier tamaño y geometría, preferentemente en geometrías que presentan una mayor relación de superficie con respecto a volumen y con el flujo a través de las cuales se genera una pérdida de presión a ser posible baja.

Además de los catalizadores DeNO_x que catalizan la reacción química de los óxidos de nitrógeno NO_x con agentes de reducción, puede contener la instalación de purificación de gas residual también aún catalizadores que fomenten la descomposición química de N_2O en nitrógeno y oxígeno o la reducción química de N_2O con agentes de reducción. Estos catalizadores los conoce un experto.

En la instalación de purificación de gas residual se introducen además del gas residual, que contiene óxidos de nitrógeno NO_x , también agentes de reducción para óxidos de nitrógeno, en particular agentes de reducción para NO_x . Como agente de reducción para óxidos de nitrógeno NO_x es adecuada cualquier sustancia, que el experto conoce y presenta una alta actividad para la reducción de NO_x . Éstos pueden ser por ejemplo agentes de reducción que contienen nitrógeno. Como agentes de reducción que contienen nitrógeno pueden consultarse compuestos discretionales, siempre que éstos sean adecuados para la reducción de NO_x . Ejemplos son azanos, derivados hidroxílicos de azanos, así como aminas, oximas, carbamatos, urea o derivados de urea. Urea y derivados de urea se usan preferentemente en forma de soluciones acuosas.

De manera especialmente preferente se usa amoníaco como agente de reducción para óxidos de nitrógeno, en particular para óxidos de nitrógeno NO_x .

Adicionalmente al agente de reducción para NO_x puede introducirse aún un agente de reducción para N_2O en el gas residual que va a tratarse. A este respecto puede tratarse de agentes de reducción que contienen nitrógeno. Ejemplos de esto se han expuesto anteriormente. Sin embargo, puede tratarse también de hidrocarburos gaseosos, monóxido de carbono o hidrógeno. De manera especialmente preferente se usa amoníaco como agente de reducción para N_2O .

Preferentemente se usa la regulación de la temperatura del gas residual para la disminución de la concentración de NO_x en el gas residual en la instalación de purificación de gas residual, preferentemente durante la parada y/o el arranque de la instalación para la producción de ácido nítrico. Preferentemente sirve la regulación de la temperatura a este respecto para calentar el gas residual hasta una temperatura o bien impedir o bien retrasar el enfriamiento del gas residual por debajo de una temperatura que es necesaria como mínimo para que puedan desarrollarse las reacciones químicas que tienen lugar en la instalación de purificación de gas residual para la reducción de la concentración de óxidos de nitrógeno NO_x , que preferentemente están catalizadas.

En una forma de realización preferente se reduce la concentración de óxidos de nitrógeno NO_x en el gas residual durante la parada y/o el arranque de la instalación para la producción de ácido nítrico en al menos el 10 %, más preferentemente en al menos el 20 %, al menos el 30 %, al menos el 40 %, al menos el 50 %, al menos el 60 %, al menos el 70 %, al menos el 80 %, al menos el 90 % o al menos el 99 %.

En otra forma de realización preferente se reduce la concentración de N_2O en el gas residual en al menos el 10 %, más preferentemente en al menos el 20 %, al menos el 30 %, al menos el 40 %, al menos el 50 %, al menos el 60 %, al menos el 70 %, al menos el 80 %, al menos el 90 % o al menos el 99 %.

Las cantidades necesarias de agente de reducción dependen del tipo del agente de reducción y pueden determinarse por el experto mediante experimentos rutinarios.

El gas residual puede regularse en temperatura en distintos puntos en el procedimiento de acuerdo con la invención; preferentemente se regula la temperatura del gas residual antes y/o tras atravesar la instalación de purificación de gas residual.

A este respecto se conduce el gas residual al menos en parte o completamente en un circuito y a este respecto atraviesa el dispositivo de regulación de la temperatura y la instalación de purificación de gas residual, preferentemente de manera adicional también en primer lugar la instalación para la producción de ácido nítrico.

Si se regula la temperatura del gas residual temporalmente solo tras el primer flujo a través de la instalación de purificación de gas residual, entonces éste se conduce preferentemente en un circuito.

Preferentemente, el gas residual conducido en el circuito fluye a través del dispositivo de regulación de la temperatura y de la instalación de purificación de gas residual. En otra forma de realización preferente se reconduce el gas residual en el punto adecuado en la instalación para la producción de ácido nítrico. Preferentemente, el gas residual conducido en el circuito se conduce en la tubería, que en el funcionamiento estacionario conduce los óxidos de nitrógeno NO_x generados en el quemador hacia la columna de absorción.

- Preferentemente, el gas residual conducido en el circuito fluye a través del dispositivo de regulación de la temperatura de la instalación de purificación de gas residual y de la columna de absorción. El dispositivo de regulación de la temperatura, la instalación de purificación de gas residual y la columna de absorción pueden estar dispuestos en el circuito en cualquier sitio. Preferentemente, el gas residual conducido en el circuito en primer lugar fluye a través del dispositivo de regulación de la temperatura, a continuación, a través de la columna de absorción y entonces a través de la instalación de purificación de gas residual, antes de que se alimente de nuevo al circuito.
- Si se regula la temperatura del gas residual temporalmente solo tras el primer flujo a través de la instalación de purificación de gas residual, entonces preferentemente no se regula la temperatura del gas residual durante el primer flujo a través de la instalación de purificación de gas residual. Solo tras el recorrido completo del primer ciclo de circuito y tras el segundo flujo a través de la instalación de purificación de gas residual entonces preferentemente se regula la temperatura del gas residual durante el tratamiento en la instalación de purificación de gas residual. En este caso sigue la etapa (a) de acuerdo con la invención preferentemente de manera temporal tras la etapa (b).
- De manera correspondiente a esto pueden realizarse las etapas (a) y (b) en orden alfabético, pero no obligatoriamente.
- Si se regula la temperatura del gas residual temporalmente solo tras el primer flujo a través de la instalación de purificación de gas residual, entonces se conduce preferentemente al menos el 10 % en volumen del gas residual en el circuito, más preferentemente al menos el 20 % en volumen, al menos el 30 % en volumen, al menos el 40 % en volumen, al menos el 50 % en volumen, al menos el 60 % en volumen, al menos el 70 % en volumen, al menos el 80 % en volumen, al menos el 90 % en volumen, al menos el 99 % en volumen. Preferentemente se conduce el gas residual completamente en el circuito.
- Preferentemente se emite el gas residual al entorno solo al alcanzar una concentración no visible de óxidos de nitrógeno NO_x en el gas residual. Preferentemente, la concentración de óxidos de nitrógeno NO_x asciende en el gas residual emitido al entorno (gas de escape) a como máximo 100 ppm, más preferentemente como máximo 90 ppm, como máximo 80 ppm, como máximo 70 ppm, como máximo 60 ppm, como máximo 50 ppm, como máximo 40 ppm, como máximo 30 ppm, como máximo 20 ppm o como máximo 10 ppm.
- Preferentemente se conduce el gas residual en el circuito a través de un compresor o un soplador, preferentemente para mantener la circulación.
- En una forma de realización preferente fluye el gas residual a través del dispositivo de regulación de la temperatura solo durante la parada y/o el arranque de la instalación para la producción de ácido nítrico, sin embargo, no durante el funcionamiento estacionario de la instalación para la producción de ácido nítrico.
- Si el dispositivo de regulación de la temperatura es un intercambiador de calor, que está conectado posteriormente a la instalación de purificación de gas residual, entonces el gas residual fluye a través de este acumulador de calor preferentemente solo durante la parada y/o el arranque de la instalación para la producción de ácido nítrico, sin embargo, no durante el funcionamiento estacionario de la instalación para la producción de ácido nítrico.
- En una forma de realización preferente, el gas residual fluye a través del dispositivo de regulación de la temperatura tanto durante el funcionamiento estacionario de la instalación para la producción de ácido nítrico como también durante la parada y/o el arranque de la instalación para la producción de ácido nítrico.
- Si el dispositivo de regulación de la temperatura es un intercambiador de calor, que está conectado previamente a la instalación de purificación de gas residual, o un acumulador de calor, entonces el gas residual fluye preferentemente a través del intercambiador de calor o bien el acumulador de calor tanto durante el funcionamiento estacionario como también durante la parada y/o el arranque de la instalación para la producción de ácido nítrico.
- Si se regula la temperatura del gas residual temporalmente antes del flujo a través de la instalación de purificación de gas residual, se realizan las etapas (a) y (b) de acuerdo con la invención en sucesión temporal una detrás de otra.
- Preferentemente se carga el dispositivo de regulación de la temperatura, preferentemente al menos durante la parada y/o el arranque de la instalación para la producción de ácido nítrico, con un medio que es adecuado para emitir calor.
- En otra forma de realización preferente, el dispositivo de regulación de la temperatura es adecuado para absorber, almacenar y en caso necesario desprender de nuevo calor de un medio.
- Preferentemente, el medio es descargado de la instalación para la producción de ácido nítrico y/o se alimenta desde fuentes externas.
- Preferentemente, el medio comprende vapor a alta presión.
- Otro aspecto de la invención se refiere a un dispositivo para la reducción de la concentración de óxidos de nitrógeno NO_x en gas residual, que se produce durante la parada y/o el arranque de una instalación para la producción de ácido

nítrico, que comprende los componentes que se encuentran en conexión activa con la instalación para la producción de ácido nítrico:

- 5 • (A) un dispositivo de regulación de la temperatura, que está configurado para regular la temperatura del gas residual durante la parada y/o el arranque de la instalación para la producción de ácido nítrico; y
- (B) una instalación de purificación de gas residual, que está configurada para la reducción de la concentración de óxidos de nitrógeno NO_x en el gas residual, que se reguló en temperatura con el dispositivo de regulación de la temperatura;
- 10 • (C) un dispositivo de desviación de gas, que está dispuesto tras la instalación de purificación de gas residual y está configurado para la desviación del gas residual en el dispositivo de regulación de la temperatura; y
- (D) un conducto, que está dispuesto tras el dispositivo de regulación de la temperatura y que está configurado para la reconducción del gas residual en un circuito con flujo a través del dispositivo de regulación de la temperatura y la instalación de purificación de gas residual, en donde el
- 15 dispositivo de regulación de la temperatura en el dispositivo de acuerdo con la invención es un acumulador de calor.

Preferentemente, el dispositivo de acuerdo con la invención comprende los componentes adicionales que se encuentran en conexión activa con la instalación para la producción de ácido nítrico:

- 20 (E) un dispositivo de medición, que está configurado para la determinación de la concentración de óxidos de nitrógeno NO_x en el gas residual; y/o
- (F) un compresor y/o un soplador.

- 25 Preferentemente, el gas residual, que se conduce a través del conducto (D), se reconduce al menos en parte en un circuito.

Preferentemente se reconduce al menos el 10 % en volumen del gas residual a través del conducto (D) en un circuito, más preferentemente al menos el 20 % en volumen, al menos el 30 % en volumen, al menos el 40 % en volumen, al menos el 50 % en volumen, al menos el 60 % en volumen, al menos el 70 % en volumen, al menos el 80 % en volumen, al menos el 90 % en volumen, al menos el 99 % en volumen. Preferentemente se reconduce el gas residual completamente a través del conducto (D) en un circuito.

- 35 Preferentemente, el gas residual, que se conduce a través del conducto (D), al atravesar partes de la instalación para la producción de ácido nítrico, del dispositivo de regulación de la temperatura y de la instalación de purificación de gas residual se reconduce en un circuito. Preferentemente, el gas residual, que se conduce a través del conducto (D), se alimenta al conducto que en el funcionamiento estacionario conduce los óxidos de nitrógeno NO_x desde el quemador hacia la columna de absorción, y atraviesa preferentemente también la columna de absorción, el dispositivo de regulación de la temperatura y la instalación de purificación de gas residual.

- 40 Preferentemente están dispuestos el compresor o el soplador (F) tras la instalación de purificación de gas residual y están configurados para la separación por soplado de los gases residuales por una chimenea.

- 45 En otra forma de realización preferente se conduce el gas residual en el circuito a través del compresor o el soplador (F), para mantener la circulación.

- 50 De acuerdo con la invención, el dispositivo de regulación de la temperatura del dispositivo de acuerdo con la invención es un acumulador de calor, que está configurado para el almacenamiento de calor del gas residual durante el funcionamiento estacionario de la instalación para la producción de ácido nítrico, y que está configurado para el desprendimiento de calor al gas residual durante la parada y/o el arranque de la instalación para la producción de ácido nítrico.

- 55 De acuerdo con la invención, el dispositivo de regulación de la temperatura del dispositivo de acuerdo con la invención es un acumulador de calor que está dispuesto delante o detrás de la instalación de purificación de gas residual y que está configurado para el almacenamiento de calor del gas residual durante el funcionamiento estacionario de la instalación para la producción de ácido nítrico, y que está configurado para el desprendimiento de calor al gas residual durante la parada y/o el arranque de la instalación para la producción de ácido nítrico.

- 60 Preferentemente se usa el dispositivo de acuerdo con la invención de manera correspondiente al procedimiento de acuerdo con la invención.

- 65 Las figuras 1 a 4 ilustran esquemáticamente y a modo de ejemplo el procedimiento de acuerdo con la invención para la producción de ácido nítrico, sin embargo, no han de interpretarse de forma limitativa. La figura 1 muestra una conducción del procedimiento convencional, las figuras 2 a 4 ilustran el procedimiento de acuerdo con la invención.

La figura 1 muestra un esquema simplificado de una instalación para la producción de ácido nítrico en el

funcionamiento estacionario. En ésta, tal como es habitual en la producción de ácido nítrico, preferentemente en un quemador (1), que se alimenta con amoníaco (2) y aire (3), se generan óxidos de nitrógeno NO_x (4). Estos óxidos de nitrógeno NO_x (4) se conducen preferentemente a través de uno o varios intercambiadores de calor (5) (que no se han mostrado totalmente), accionados mediante el compresor (14), por la columna de absorción (6), para generar ácido nítrico (7). El gas residual, que contiene los óxidos de nitrógeno NO_x (8), sale de la columna de absorción (6) y se lleva preferentemente a través de distintos intercambiadores de calor y/o condensadores (5) a una temperatura que garantice preferentemente una degradación óptima de óxidos de nitrógeno NO_x en la instalación de purificación de gas residual (9). A este respecto está prevista a modo de ejemplo una alimentación de amoníaco (10) en la instalación de purificación de gas residual (9). El gas residual (11) así purificado llega al entorno en el funcionamiento estacionario a través de la turbina de gas (12).

Normalmente, en caso de la parada dirigida o causada por una alteración de la instalación disminuiría la presión en la instalación paulatinamente. Además, se desconectaría la instalación de purificación de gas residual (9) en caso de expansión progresiva mediante el calor descendiente forzosamente al alcanzar la temperatura límite.

En la figura 2 está representada una variante de conexión de acuerdo con la invención, de cómo puede mantenerse el proceso de descomposición eficaz de óxidos de nitrógeno NO_x durante la parada y/o arranque de toda la instalación para la producción de ácido nítrico. El esquema muestra una instalación para la producción de ácido nítrico con intercambiador de calor adicional integrado, que está conectado posteriormente a la instalación de purificación de gas residual y preferentemente se carga en primer lugar durante la parada y/o el arranque con un medio que contiene calor y se atraviesa con gas residual que contiene óxido de nitrógeno NO_x .

Para no obtener una concentración elevada de óxidos de nitrógeno NO_x en el gas residual en la salida del conducto de gas de escape (13), ya no se emite al entorno preferentemente el gas residual (11) purificado, sino que se conduce a través del intercambiador de calor (15) adicional, que se carga entonces preferentemente con vapor a alta presión (16). A este respecto se trata preferentemente de vapor a alta presión, que se produce preferentemente en otro sitio en el proceso de producción de ácido nítrico. Para resaltar que en el caso de este aparato se trata de la conducción del procedimiento de acuerdo con la invención, se resaltó el intercambiador de calor (15) de acuerdo con la invención por medio de una elipse. El gas residual (11a) así calentado se reconduce a continuación preferentemente de nuevo en el sitio adecuado en el proceso de producción de ácido nítrico. En este caso se propone reconducir el gas residual (11a) calentado en la tubería del flujo de gas de los óxidos de nitrógeno NO_x (4), que se generan en condiciones normales en el quemador (1), de modo que los gases residuales se alimentan finalmente de nuevo a través del conducto (17) de la instalación de purificación de gas residual (9). Esta conducción del circuito, que se mantiene a través del compresor (14), se realiza preferentemente hasta que se haya reducido la concentración de óxidos de nitrógeno NO_x en el gas residual en tanto que el acceso al conducto de gas de escape (13) se abra de nuevo y el gas residual pueda emitirse al entorno a través del conducto de gas de escape (13), sin que a este respecto los óxidos de nitrógeno NO_x sean visibles en la salida.

Como alternativa al compresor puede mantenerse el funcionamiento del circuito también a través de un soplador (no mostrado). Esto garantiza que la conducción del circuito funcione también aun cuando el funcionamiento del compresor este alterado.

Durante el nuevo arranque de la instalación se mantiene la conducción del circuito, anteriormente descrita, del gas residual producido preferentemente hasta que se hayan alcanzado de nuevo la presión de funcionamiento normal y las temperaturas de funcionamiento normales, de modo que ya no es necesaria la acción de transferencia de calor auxiliar del intercambiador de calor (15) adicional para reducir la concentración de óxidos de nitrógeno NO_x en el gas residual hasta un mínimo ya no visible. Si se alcanza este estado, preferentemente se pone fuera de servicio el intercambiador de calor (15) y los gases residuales (11) purificados se emiten al entorno preferentemente de nuevo de manera directa a través del conducto de gas de escape (13).

De manera correspondiente al procedimiento de acuerdo con la invención, el gas residual (11) durante la parada y/o el arranque de la instalación para la producción de ácido nítrico atraviesa en primer lugar la instalación de purificación de gas residual (9), se conduce en un circuito y se regula en temperatura en el dispositivo de regulación de la temperatura de acuerdo con la invención, que es preferentemente un intercambiador de calor (15). Preferentemente se regula la temperatura del gas residual hasta una temperatura en el intervalo de 300 a 550 °C. Preferentemente fluye el gas residual a través del dispositivo de regulación de la temperatura solo durante la parada y/o el arranque de la instalación para la producción de ácido nítrico. El gas residual con temperatura regulada atraviesa de nuevo la instalación de purificación de gas residual (9), en la que se reduce preferentemente la concentración de óxidos de nitrógeno NO_x . Preferentemente, el gas residual en el circuito fluye a través del dispositivo de regulación de la temperatura y de la instalación de purificación de gas residual (9). En otra forma de realización preferente, el gas residual en el circuito fluye a través del dispositivo de regulación de la temperatura, la instalación de purificación de gas residual (9) y adicionalmente también la instalación para la producción de ácido nítrico.

Partes de la instalación, que en comparación con el funcionamiento estacionario (figura 1) no están en funcionamiento, están representadas de manera fina y discontinua.

La figura 3 muestra un esquema simplificado de una instalación para la producción de ácido nítrico con intercambiador de calor adicional integrado, que está conectado previamente a la instalación de purificación de gas residual y se carga durante la parada y/o el arranque con un medio que contiene calor. Este intercambiador de calor se resalta por medio de una elipse. Partes de la instalación, que en comparación con el funcionamiento estacionario (figura 1) no están en funcionamiento, están representadas de manera fina y discontinua.

La instalación para la producción de ácido nítrico, que está representada en la figura 3, se hace funcionar durante la parada y/o el arranque de manera similar a como se ha descrito en la figura 2. A diferencia de la instalación allí ilustrada, en este caso también en el funcionamiento estacionario fluyen gases residuales (8) a través del intercambiador de calor (15) de acuerdo con la invención, preferentemente no solicitándose, sin embargo, el intercambiador de calor (15) con un medio (16) que contiene calor y por consiguiente no teniendo ninguna función en el funcionamiento estacionario. Solo durante la parada y/o el arranque de la instalación se carga el intercambiador de calor (15) con un medio que contiene calor y se ocupa de que el gas residual, que a través del conducto (17) llega a la instalación de purificación de gas residual (9), tenga una temperatura suficientemente alta, para que se garantice la degradación de los óxidos de nitrógeno NO_x . En este proceso se sopla el gas residual preferentemente con ayuda del efecto de chimenea por la instalación y la instalación de purificación de gas residual (9). Preferentemente, para el mantenimiento de esta función no se requieren compresores. El efecto de chimenea puede reforzarse dado el caso a través de un soplador (no mostrado). Los gases residuales purificados se desprenden finalmente a través del conducto de gas de escape (13).

Con el nuevo arranque de la instalación se mantiene el funcionamiento del intercambiador de calor (15) preferentemente hasta que se hayan alcanzado de nuevo la presión de funcionamiento normal y las temperaturas de funcionamiento normales, de modo que ya no es necesaria la acción de transferencia de calor auxiliar del intercambiador de calor (15) adicional para reducir la concentración de óxidos de nitrógeno NO_x en el gas residual hasta un mínimo ya no visible. Si se alcanza este estado, preferentemente se pone fuera de servicio el intercambiador de calor (15), desconectándose la alimentación del medio (16) que contiene calor. Como alternativa es también posible aprovechar la alimentación del medio (16) que contiene calor también en el funcionamiento estacionario de la instalación, debiendo repercutir esto ventajosamente sobre el proceso.

De manera correspondiente al procedimiento de acuerdo con la invención se regula la temperatura del gas residual (8) durante la parada y/o el arranque de la instalación para la producción de ácido nítrico en un dispositivo de regulación de la temperatura, que preferentemente es un intercambiador de calor (15). Preferentemente se regula la temperatura del gas residual antes del flujo a través de la instalación de purificación de gas residual (9). Preferentemente se regula la temperatura del gas residual hasta una temperatura en el intervalo de 300 a 550 °C. A continuación, se trata el gas residual en una instalación de purificación de gas residual (9). Preferentemente se usa la regulación de la temperatura del gas residual para la disminución de la concentración de óxidos de nitrógeno NO_x en el gas residual en la instalación de purificación de gas residual (9).

La figura 4 muestra un esquema simplificado de una instalación para la producción de ácido nítrico con acumulador de calor adicional integrado, que está conectado previamente a la instalación de purificación de gas residual. Este acumulador de calor se resalta por medio de una elipse. Partes de la instalación, que en comparación con el funcionamiento estacionario (figura 1) no están en funcionamiento, están representadas de manera fina y discontinua.

La instalación para la producción de ácido nítrico, tal como se representa en la figura 4, se hace funcionar durante el arranque y/o la parada de manera similar a como se ha descrito en la figura 2 y figura 3. Sin embargo, se usa en lugar del intercambiador de calor (15) un acumulador de calor (18). Este se atraviesa en el funcionamiento estacionario con gas residual (8) y almacena durante el tiempo una parte de la energía térmica contenida en el mismo. Durante la parada de la instalación está presente ahora tanta energía que el gas residual, que a través del conducto (17) llega a la instalación de purificación de gas residual (9), tenga una temperatura suficientemente alta, para que se garantice la degradación de los óxidos de nitrógeno NO_x . En este proceso se sopla el gas residual preferentemente con ayuda del efecto de chimenea por la instalación y la instalación de purificación de gas residual (9). Para el mantenimiento de esta función no se requieren preferentemente por tanto compresores. El efecto de chimenea puede reforzarse dado el caso a través de un soplador (no mostrado). Los gases residuales purificados se desprenden finalmente a través del conducto de gas de escape (13).

Si la instalación no está parada demasiado tiempo, de modo que esté presente aún de manera suficiente energía térmica en el acumulador de calor (18), para regular la temperatura del gas residual hasta una temperatura suficientemente alta, para garantizar una degradación suficiente de óxidos de nitrógeno NO_x en la instalación de purificación de gas residual (9), puede beneficiarse durante el nuevo arranque de la instalación del mismo efecto que durante la parada de la instalación.

De manera correspondiente al procedimiento de acuerdo con la invención se regula la temperatura del gas residual (8) durante la parada y/o el arranque de la instalación para la producción de ácido nítrico en un dispositivo de regulación de la temperatura, que preferentemente es un acumulador de calor (18). Preferentemente se regula la temperatura del gas residual antes del flujo a través de la instalación de purificación de gas residual (9). Preferentemente se regula la temperatura del gas residual hasta una temperatura en el intervalo de 300 a 550 °C. A continuación, se trata el gas

residual en una instalación de purificación de gas residual (9). Preferentemente se usa la regulación de la temperatura del gas residual para la disminución de la concentración de óxidos de nitrógeno NO_x en el gas residual en la instalación de purificación de gas residual (9).

5 Lista de referencias

- 1 Quemador
- 2 Amoníaco
- 3 Aire
- 4 Óxidos de nitrógeno NO_x
- 5 Intercambiador de calor
- 6 Columna de absorción
- 7 Ácido nítrico
- 8 Gas residual, que contiene óxidos de nitrógeno NO_x
- 9 Instalación de purificación de gas residual
- 10 Amoníaco
- 11 Gas residual purificado
- 12 Turbina de gas
- 13 Conducto de gas de escape
- 14 Compresor
- 15 Intercambiador de calor
- 16 Vapor de alta presión, medio que contiene calor
- 17 Conducto
- 18 Acumulador de calor
- 19 Máquina de accionamiento (por ejemplo, motor eléctrico o turbina de vapor)

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la reducción de la concentración de óxidos de nitrógeno NO_x en gas residual (8), que se produce durante la parada y/o el arranque de una instalación para la producción de ácido nítrico, en donde el procedimiento comprende las siguientes etapas:
 - (a) regular la temperatura del gas residual durante la parada y/o el arranque de la instalación para la producción de ácido nítrico con un dispositivo de regulación de la temperatura; y
 - (b) tratar el gas residual con temperatura regulada en la etapa (a) en una instalación de purificación de gas residual (9),en donde el dispositivo de regulación de la temperatura es un intercambiador de calor (15) o un acumulador de calor (18),
caracterizado por que el gas residual (8) se conduce al menos parcialmente en un circuito y con ello atraviesa el dispositivo de regulación de la temperatura (15, 18) y la instalación de purificación de gas residual (9).
2. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que el gas residual se conduce en el circuito a través de un compresor (14) o de un soplador.
3. El procedimiento según una de las reivindicaciones 1 o 2, en el que el gas residual atraviesa el dispositivo de regulación de la temperatura solo durante la parada y/o el arranque de la instalación para la producción de ácido nítrico, no en cambio durante el funcionamiento estacionario, que comprende la carga parcial, la carga completa y la sobrecarga de la instalación para la producción de ácido nítrico.
4. El procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el dispositivo de regulación de la temperatura se carga con un medio (16), que es adecuado para desprender calor.
5. El procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el dispositivo de regulación de la temperatura es adecuado para absorber, para almacenar y, en caso necesario, para desprender de nuevo calor de un medio (16).
6. El procedimiento según una de las reivindicaciones 4 o 5, en el que el medio (16) es descargado de la instalación para la producción de ácido nítrico y/o se alimenta desde fuentes externas.
7. El procedimiento según una de las reivindicaciones 4 a 6, en el que el medio (16) comprende vapor a alta presión con una presión > 40 bar.
8. El procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que se regula la temperatura del gas residual en la etapa (a) hasta una temperatura en el intervalo de 200 a 550 °C, más preferentemente en el intervalo de 300 a 480 °C, todavía más preferentemente en el intervalo de 260 a 380 °C.
9. Un dispositivo para la reducción de la concentración de óxidos de nitrógeno NO_x en gas residual (8), que se produce durante la parada y/o el arranque de una instalación para la producción de ácido nítrico, que comprende los componentes que se encuentran en conexión activa con la instalación para la producción de ácido nítrico:
 - (A) un dispositivo de regulación de la temperatura (15, 18), que está configurado para regular la temperatura del gas residual durante la parada y/o el arranque de la instalación para la producción de ácido nítrico; y (B) una instalación de purificación de gas residual (9), que está configurada para la reducción de la concentración de óxidos de nitrógeno NO_x en el gas residual, que se reguló en temperatura con el dispositivo de regulación de la temperatura (15, 18);
 - (C) un dispositivo de desviación de gas, que está dispuesto tras la instalación de purificación de gas residual (9), y que está configurado para la desviación del gas residual al dispositivo de regulación de la temperatura (15, 18); y
 - (D) un conducto, que está dispuesto tras el dispositivo de regulación de la temperatura (15, 18), y que está configurado para la reconducción del gas residual en un circuito con el flujo a través del dispositivo de regulación de la temperatura (15, 18) y de la instalación de purificación de gas residual (9),en donde el dispositivo de regulación de la temperatura es un acumulador de calor (18), que está configurado para el almacenamiento de calor del gas residual durante el funcionamiento estacionario, que comprende la carga parcial, la carga completa y la sobrecarga de la instalación para la producción de ácido nítrico, y que está configurado para el desprendimiento de calor al gas residual durante la parada y/o el arranque de la instalación para la producción de ácido nítrico.
10. El dispositivo según la reivindicación 9, que comprende los componentes adicionales, que se encuentran en conexión activa con la instalación para la producción de ácido nítrico:
 - (E) un dispositivo de medición, que está configurado para la determinación de la concentración de óxidos de nitrógeno NO_x en el gas residual; y/o (F) un compresor (14) y/o un soplador.

Figura 1

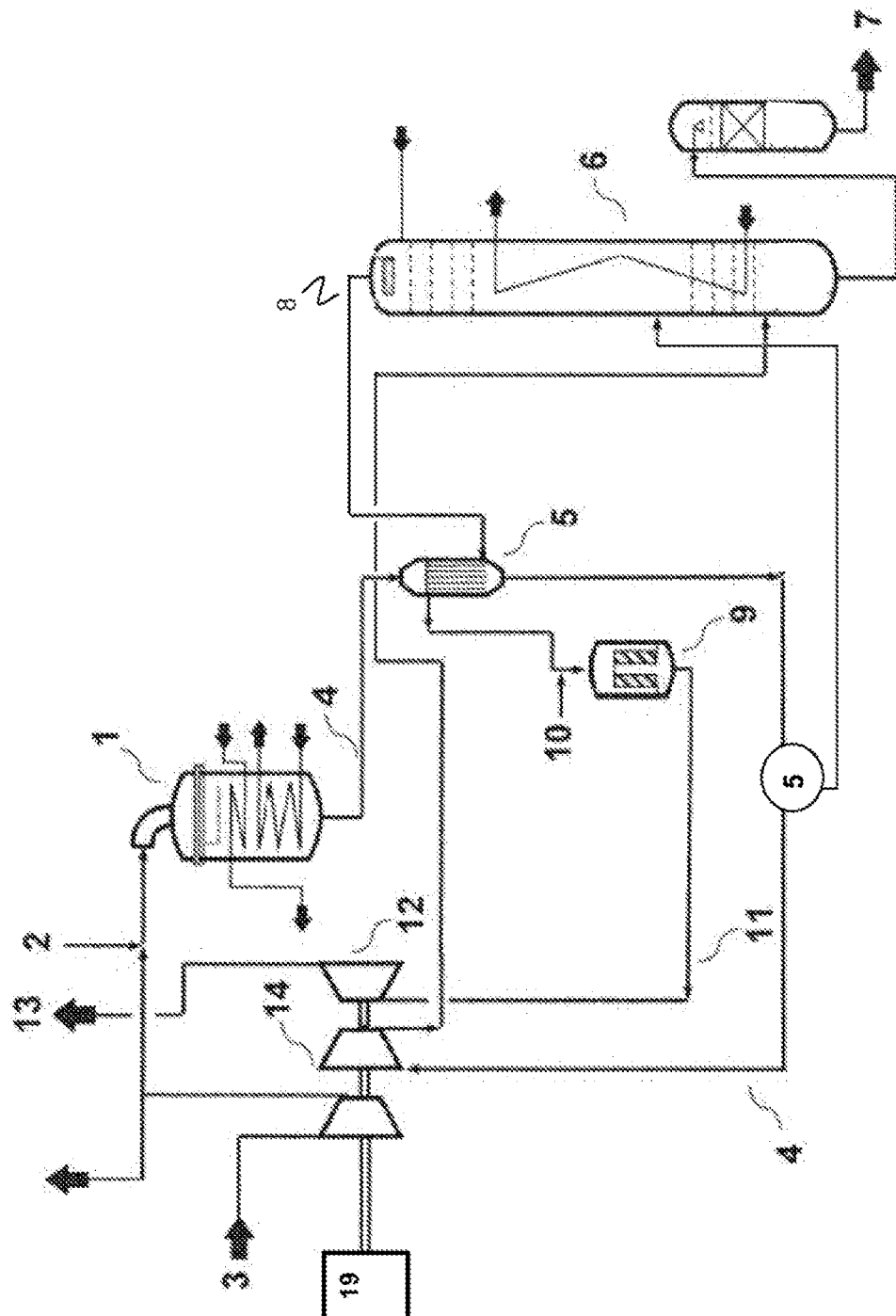


Figura 2

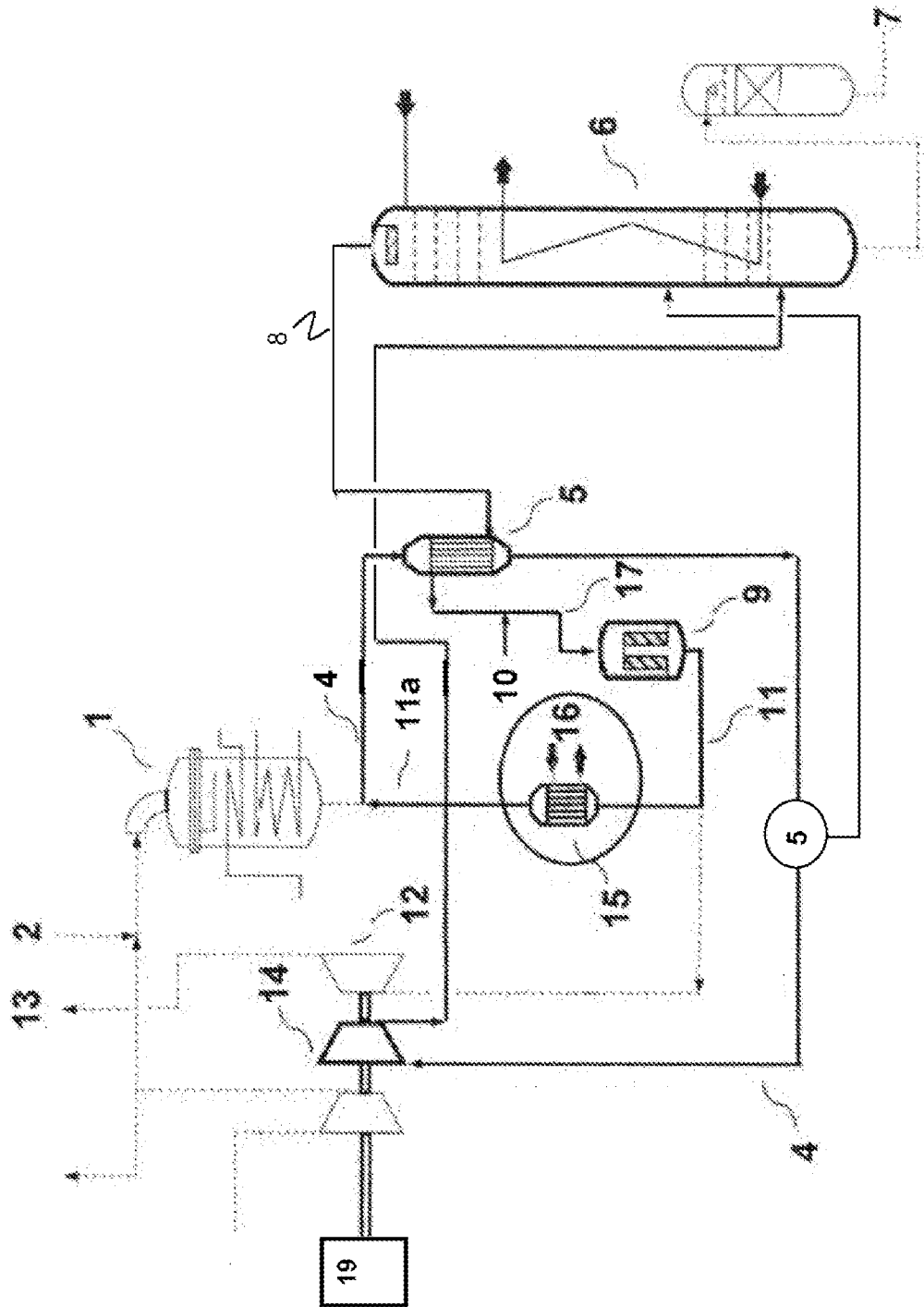


Figura 3

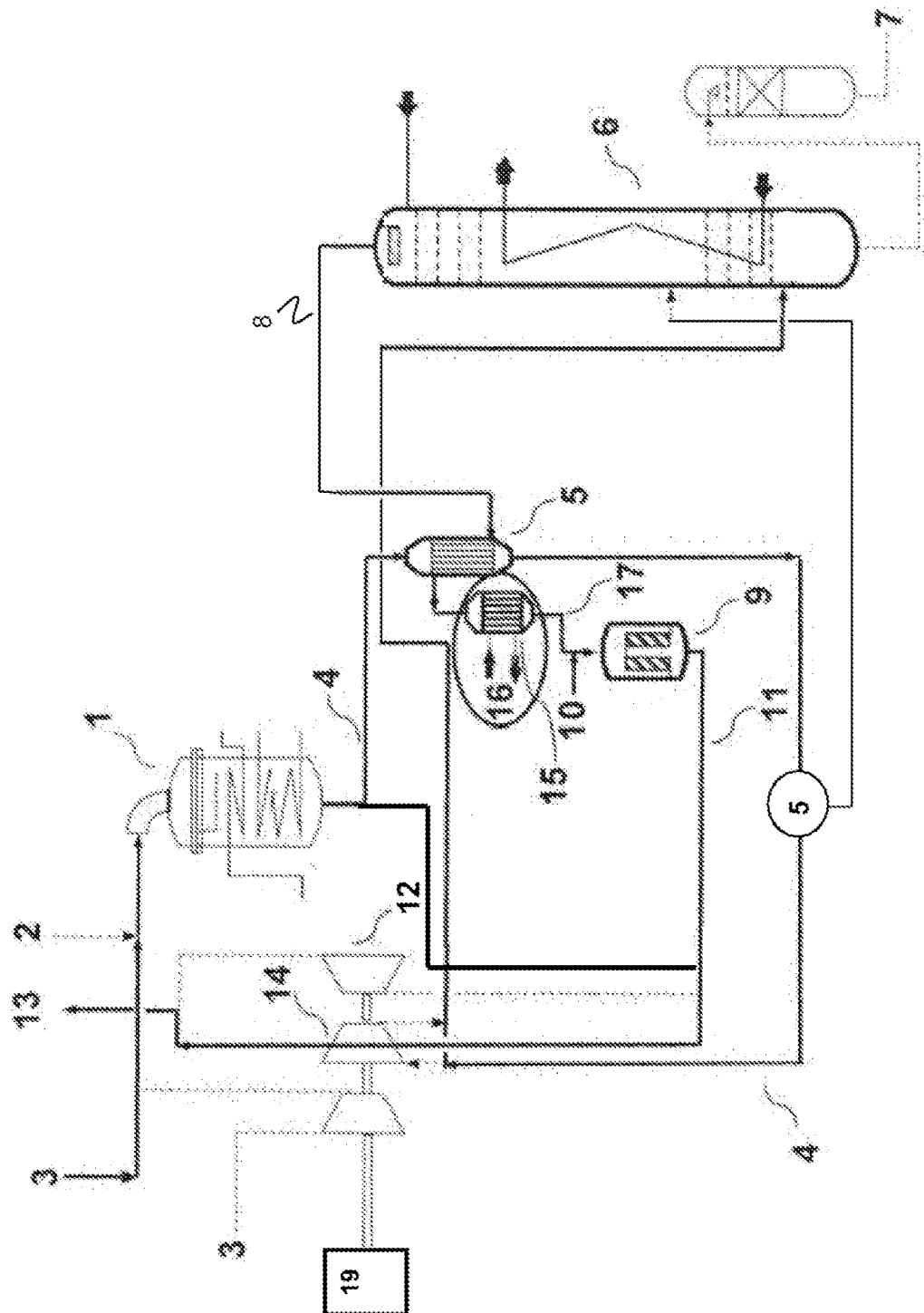


Figura 4

