

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 980 576**

51 Int. Cl.:

**C01B 21/26** (2006.01)

**C01B 21/28** (2006.01)

**C01B 21/38** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.12.2020 PCT/EP2020/087544**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.07.2021 WO21140023**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.12.2020 E 20845392 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.02.2024 EP 4087820**

54 Título: **Procedimiento e instalación para la producción de ácido nítrico**

30 Prioridad:

**10.01.2020 DE 102020200235**

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

**02.10.2024**

73 Titular/es:

**THYSSENKRUPP UHDE GMBH (50.0%)  
Friedrich-Uhde Str. 15  
44141 Dortmund, DE y  
THYSSENKRUPP AG (50.0%)**

72 Inventor/es:

**KERN, PAUL**

74 Agente/Representante:

**GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo**

**ES 2 980 576 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 e instalación para la producción de ácido nítrico

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para la producción de ácido nítrico según el procedimiento de Ostwald, que comprende la reacción de amoníaco con oxígeno atmosférico (aire primario) formando un flujo de gas que contiene NO<sub>x</sub> en un reactor de oxidación de amoníaco a una primera presión y la absorción del flujo de gas que contiene NO<sub>x</sub> en agua en un dispositivo de absorción a una segunda presión que es superior a la primera presión, comprendiendo el procedimiento un paso en el que está previsto un blanqueo del ácido nítrico con aire de blanqueo (aire secundario), teniendo lugar el blanqueo aproximadamente al nivel de presión de la primera presión.

**Estado de la técnica**

15 Por el documento WO2018/162150A1 se conocen un procedimiento y una instalación para la producción de ácido nítrico, en el que en un reactor tiene lugar a una primera presión la oxidación del amoníaco a óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) que posteriormente se hacen reaccionar en una torre de absorción con agua formando ácido nítrico bruto, trabajando la torre de absorción a una presión superior a la del reactor y aumentando un compresor de NO<sub>x</sub> la presión de los gases que salen del reactor hasta la presión de absorción superior. Por ello, los sistemas de este tipo también se denominan sistemas de doble presión.

20 En el documento WO2018/162150A1 se describen dos conceptos diferentes de instalaciones para la producción de ácido nítrico. En el primer concepto, el aire se lleva a la presión de reacción por medio de un compresor de aire, y el flujo de aire comprimido se divide y un primer flujo parcial se usa para blanquear el ácido nítrico en una torre de blanqueo, mientras que el segundo flujo parcial de aire es suministrada al reactor de oxidación de amoníaco. Aquí, el proceso de blanqueo tiene lugar a la presión menor y, por tanto, a la misma presión que la oxidación del amoníaco. La instalación comprende un compresor de aire, un compresor de NO<sub>x</sub> y una turbina de gas residual, estando los tres dispuestos en un eje. Se trata de la descripción de una instalación de producción convencional según el procedimiento de doble presión (estado de la técnica).

30 En las instalaciones convencionales de ácido nítrico según el procedimiento de doble presión, que trabajan con un solo compresor de aire que sirve tanto para generar el aire primario para la oxidación del amoníaco como para generar el aire secundario para el proceso de blanqueo, de modo que el flujo de aire se divide corriente abajo del compresor de aire, la potencia del compresor de aire a menudo es un factor que limita la capacidad de tal instalación de doble presión, de modo que se habla de un "cuello de botella". Sin embargo, si para complementar se usa un compresor de aire secundario adicional para el aire de blanqueo, la posibilidad de aumentar la capacidad de la instalación se ve muy limitada por la capacidad del compresor de NO<sub>x</sub>, ya que el flujo de salida del blanqueo a baja presión (para la recuperación de NO<sub>x</sub>) debe retroalimentarse entre el compresor de aire y de NO<sub>x</sub> de la máquina principal. El compresor de aire y el compresor de NO<sub>x</sub> generalmente están adaptados entre sí. Por lo tanto, una renovación exigiría adaptar toda la instalación de compresores, incluidos el compresor de aire principal y el compresor de NO<sub>x</sub>, lo que suele ser costoso. Además, los operadores de estas instalaciones consideran arriesgadas las modificaciones en zona de la disposición del compresor (conocido como máquina principal), en cuyo árbol suelen estar dispuestas también la turbina de vapor y la turbina de gas residual.

45 En la figura 2 del documento WO2018/162150A1 se presenta un concepto alternativo en el que está previsto un compresor adicional para aire de blanqueo, por medio del cual un flujo de aire alimentado por separado se comprime a una presión más alta, concretamente la segunda presión a la que trabaja la torre de absorción. El ácido nítrico se blanquea primero en una primera torre de blanqueo a la presión mayor, a la que sigue una segunda torre de blanqueo que funciona a una presión menor, estando dispuesta entre las dos torres de blanqueo una válvula para despresurizar el flujo de gas de producto a la primera presión menor. La segunda torre de blanqueo se alimenta con aire de blanqueo que es comprimido por un primer compresor de aire que también proporciona el aire para el reactor de oxidación de amoníaco y se ramifica a partir de este aire primario en un flujo parcial. Por lo tanto, aquí hay un total de tres compresores, a saber, el compresor de NO<sub>x</sub>, el compresor de aire primario y el segundo compresor de aire para el aire de blanqueo, que comprime a un nivel de presión superior y no está dispuesto en el mismo árbol que los otros dos compresores. Aunque la ventaja en este caso es que apenas se modifica el punto de funcionamiento del compresor de aire principal para el aire primario, los costes del compresor de aire secundario adicional (para el aire de blanqueo) son comparativamente elevados, porque este compresor trabaja a una presión más alta y hay que sustituir todo el sistema de blanqueo de la instalación. La reconversión del sistema para una "renovación" es compleja, ya que hay que utilizar nuevas bombas de ácido y cambiar los conductos de producto. Además, la purificación del ácido nítrico bruto, es decir, el blanqueo a mayor presión, es más difícil y menos efectivo.

60 Una desventaja esencial del procedimiento descrito es, por tanto, que por esta razón no se puede proporcionar toda la capacidad de la máquina principal para la combustión de amoníaco o para la generación de ácido nítrico, sino que además es necesario conducir una parte significativa del aire a la torre de blanqueo a baja presión.

65 Además, por el estado de la técnica se conocen los denominados procedimientos de una sola presión para la producción de ácido nítrico, en los que están conectados uno detrás de otro dos compresores de aire, por medio de

los cuales se generan tanto el aire primario para la oxidación del amoníaco como el aire secundario para el proceso de blanqueo, en cuyo caso, corriente abajo del segundo compresor de aire, el flujo de aire se divide en aire de blanqueo y aire primario. Por ejemplo, el documento CN108946687A describe un proceso de una sola presión de este tipo en el que la absorción de los gases de NOx en la torre de absorción tiene lugar a la misma presión a la que tiene lugar la oxidación de amoníaco, de modo que, corriente abajo del reactor de oxidación de amoníaco, no hay ningún compresor de NOx. Sin embargo, por medio de una instalación de este tipo solo se puede producir ácido nítrico diluido.

El objetivo de la presente invención consiste en proporcionar un procedimiento mejorado de dos presiones para la producción de ácido nítrico con las características mencionadas al principio, en el que se superan las limitaciones predefinidas por los compresores con respecto a la capacidad de la instalación y se posibilita un aumento de la capacidad de la instalación con una inversión menor.

El objetivo mencionado anteriormente se consigue con un procedimiento para la producción de ácido nítrico del tipo mencionado al principio con las características de la reivindicación 1.

Según la invención, el aire secundario se lleva a la presión de funcionamiento del proceso de blanqueo a través de al menos un compresor separado, siendo este compresor separado independiente del compresor por medio del cual el aire primario se lleva a la primera presión de la reacción de oxidación del amoníaco.

Al contrario del procedimiento conocido por el documento WO2018/162150A1, según la invención, el blanqueo se lleva a cabo por medio de un segundo compresor de aire secundario que es independiente del compresor de aire primario (compresor de aire principal), pero que comprime el aire secundario para el proceso de blanqueo solo hasta la primera presión inferior a la que también funciona el reactor de oxidación de amoníaco. Por lo tanto, en el procedimiento según la invención, un aumento de la presión hasta la segunda presión superior, a la que tiene lugar la absorción de los gases de NOx en el dispositivo de absorción, está previsto solo corriente abajo del proceso de blanqueo. El compresor de NOx de la máquina principal, que todavía puede estar dispuesto sobre el árbol del compresor de aire primario, no está cargado en este concepto de procedimiento.

El sistema de aire secundario de la instalación no tiene que sustituirse en el concepto según la invención, sino que puede utilizarse como antes, porque el proceso de blanqueo no tiene lugar a la presión aumentada, sino a la primera presión más baja. No es necesario usar nuevas bombas de ácido ni cambiar los conductos de producto. El sistema de aire secundario existente puede asumir la función de una refrigeración intermedia en el procedimiento según la invención. Cuando se renueva una instalación de ácido nítrico existente para aumentar su capacidad, el concepto según la invención evita cambios en la máquina principal (es decir, la sección de la instalación que comprende los compresores y las turbinas). El compresor de NOx de la máquina principal no se somete a carga.

A continuación, algunos términos utilizados en el presente documento se explicarán de nuevo para una mejor comprensión de la presente descripción de la invención.

Por "aire primario" se designa el aire que se suministra al reactor de oxidación de amoníaco para oxidar el amoníaco, asimismo suministrado al mismo, formando óxidos de nitrógeno.

La expresión "óxidos de nitrógeno" se utiliza para los óxidos de las diversas etapas de oxidación, originados en la reacción de oxidación de amoníaco, a saber, monóxido de nitrógeno (NO), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), tetróxido de dinitrógeno (N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) y monóxido de dinitrógeno (N<sub>2</sub>O), por lo que la reacción produce principalmente NO y NO<sub>2</sub>. Estos diversos óxidos de nitrógeno también se designan por NOx en su conjunto.

El aire que se usa para el proceso de blanqueo del ácido nítrico bruto se designa como aire de blanqueo o "aire secundario".

Por "procedimiento de dos presiones" se refiere a un procedimiento para la producción de ácido nítrico, en el que la reacción de oxidación de amoníaco se lleva a cabo a una presión menor que la absorción de óxidos de nitrógeno en agua para generar ácido nítrico. Esta última tiene lugar en un dispositivo de absorción, normalmente una torre de absorción. La presión menor de la oxidación de amoníaco también se designa aquí como "primera" presión, mientras que la presión mayor de la absorción también se designa como "segunda" presión.

Por "gas residual" se designa aquel gas que no se convierte en ácido nítrico líquido durante la absorción, sino que sale de la torre de absorción en forma gaseosa. Este gas residual suele reducirse a nitrógeno en el proceso de purificación del gas residual haciéndolo reaccionar con amoníaco para reducir el contenido de óxido de nitrógeno (NOx) del gas residual. Este gas residual también se conoce como "tail gas" en el área lingüística angloamericana.

El "compresor de NOx" es el compresor, por medio del cual, en un procedimiento de dos presiones, el gas de NOx producido durante la reacción de oxidación es comprimido a la segunda presión mayor.

Por "máquina" o máquina principal se designa aquella parte de la instalación que comprende los compresores y turbinas acoplados entre sí y dispuestos sobre un árbol, generalmente una turbina de vapor, el compresor de aire

primario o compresor de aire principal, el compresor de NOx y una turbina de gas residual en la que el gas residual se expande a una presión menor después de su purificación.

5 En particular, la presente invención tiene por objeto proporcionar un procedimiento según el principio de doble presión que para proporcionar aire de blanqueo utiliza un compresor de aire secundario independiente de la máquina principal, en el que (a) el punto de funcionamiento del conjunto principal no se ve influido, o solo ligeramente, y por tanto, en particular, el aire secundario no se alimenta al nivel de presión de la combustión de amoníaco entre el compresor de aire y el compresor de NOx de la máquina principal, y (b) el blanqueo del ácido puede tener lugar al nivel de presión de la combustión de amoníaco o incluso por debajo, y (c) toda la capacidad del compresor de aire de la máquina principal puede proporcionarse para la combustión de amoníaco.

10 Según la invención, corriente abajo del proceso de blanqueo, por medio de un compresor de aire adicional o de una etapa de compresor de aire adicional, la mezcla de gases originada durante el proceso de blanqueo se lleva a la segunda presión a la que tiene lugar la absorción en agua del flujo de gas que contiene NOx, trabajando este compresor de aire o etapa de compresor de aire adicional independientemente de un compresor de NOx que comprime la mezcla de gas del reactor de oxidación de amoníaco a la segunda presión. Durante el proceso de blanqueo, el ácido nítrico bruto se desorbe mediante el aire de blanqueo, el aire de blanqueo cargado con gases de NOx, originado durante ello, sale del dispositivo de blanqueo y, según esta variante de la invención, este aire de blanqueo cargado se lleva entonces a la segunda presión aumentada por medio del compresor de aire adicional (compresor de aire de blanqueo). En cambio, en el estado de la técnica según el documento WO2018/162150A1, mencionado al principio, después de un proceso de blanqueo a presión aumentada, el aire de blanqueo se devuelve a la zona de alta presión más allá del compresor de NOx sin más aumento de presión, puesto que el proceso de blanqueo ya tiene lugar a la presión aumentada.

25 Según una variante preferible del procedimiento según la invención, en el flujo de salida de un dispositivo de blanqueo a baja presión, que se lleva a la segunda presión en un compresor de aire de blanqueo adicional o en una etapa de compresor de aire de blanqueo adicional, en la entrada del compresor de aire de blanqueo adicional o de una etapa de compresor de aire de blanqueo adicional, hay un contenido residual de NOx (NO+NO<sub>2</sub>) de 0 a 5000, preferiblemente de 0 a 100, y de forma particularmente preferible de 0 a 30 vppm.

30 Según una variante preferible del procedimiento según la invención, en el flujo de salida de un dispositivo de blanqueo a baja presión, en particular de una torre de blanqueo que funciona a la primera presión, que (el flujo de salida) se lleva a la segunda presión en un compresor de aire de blanqueo adicional o en una etapa de compresor de aire de blanqueo adicional, está previsto un dispositivo de monitoreo para el contenido residual de NOx (NO+NO<sub>2</sub>) y/o de agua y/o para parámetros dependientes de estos contenidos (como, por ejemplo, los puntos de rocío).

35 Según una variante preferible del procedimiento según la invención, en el flujo de entrada de ácido a un dispositivo de blanqueo a baja presión, en particular a una torre de blanqueo, están previstas medidas adecuadas para cumplir con un contenido residual preferible de NOx (NO+NO<sub>2</sub>).

40 Según una variante preferible del procedimiento según la invención, la medida para cumplir con el contenido residual preferible de NOx (NO+NO<sub>2</sub>) en la entrada del compresor de aire de blanqueo adicional o de una etapa de compresor de aire de blanqueo adicional consiste en prever una torre de blanqueo preconectada que trabaja al nivel de presión del dispositivo de absorción y es alimentado en el lado del gas por el flujo de salida del compresor de aire de blanqueo adicional o de una etapa de compresor de aire de blanqueo adicional.

45 Según una variante preferible del procedimiento según la invención, en el flujo de salida del dispositivo de blanqueo a baja presión están previstas medidas adecuadas para cumplir con el contenido de NOx (NO+NO<sub>2</sub>) residual preferible en la entrada del compresor de aire de blanqueo adicional o de una etapa de compresor de aire de blanqueo adicional.

50 Según una variante preferible del procedimiento según la invención, la medida en el flujo de salida del dispositivo de blanqueo a baja presión, para cumplir con el contenido residual preferible de NOx (NO+NO<sub>2</sub>) en la entrada del compresor de aire de blanqueo adicional o de una etapa de compresor de aire de blanqueo adicional, consiste en prever una medida catalítica para la reducción del contenido de NOx, en particular una reducción catalítica selectiva de NOx con amoníaco.

55 Según una variante preferible del procedimiento según la invención, la medida en el flujo de salida del dispositivo de blanqueo a baja presión, para cumplir con el contenido residual preferible de NOx (NO+NO<sub>2</sub>) en la entrada del compresor de aire de blanqueo adicional o de una etapa de compresor de aire de blanqueo adicional, consiste en prever una dilución del flujo de salida del dispositivo de blanqueo a baja presión con aire adicional, que preferiblemente es proporcionado por el primer compresor de aire de blanqueo o por la primera etapa de compresor de aire de blanqueo.

60 Según una variante preferible del procedimiento según la invención, el compresor de aire de blanqueo adicional o la etapa de compresor de aire de blanqueo está conectado operativamente al compresor de aire secundario o a la etapa de compresor de aire secundario. En otras palabras, o bien dos compresores separados, o bien dos etapas de

compresor separados de un único compresor están acoplados aquí preferiblemente entre sí en términos de accionamiento, y el primer compresor que aquí se denomina compresor de aire secundario, o la primera etapa de compresor lleva el aire secundario, suministrado a un ramal de conducto separado, en primer lugar a la primera presión que se requiere para el proceso de blanqueo del ácido nítrico bruto, y, a continuación, el segundo compresor, que aquí se denomina compresor de aire de blanqueo o compresor de aire de blanqueo adicional para distinguirlo del compresor de aire secundario, sirve entonces para llevar el aire secundario cargado, tras el proceso de blanqueo, a una segunda presión aumentada a la que también tiene lugar la absorción del ácido nítrico.

Según una variante preferible del procedimiento según la invención, el compresor de aire de blanqueo adicional o la etapa de compresor de aire de blanqueo está acoplada al compresor de aire secundario o a la etapa de compresor de aire secundario a través de medios de engranaje.

Según una variante preferible del procedimiento según la invención, el aire secundario llevado a la primera presión por medio del compresor de aire secundario separado o la etapa de compresor de aire secundario separada es suministrado a través de un conducto separado a un dispositivo de blanqueo que trabaja a la primera presión. Ciertamente, por el estado de la técnica ya se conocen instalaciones en las que, adicionalmente al compresor de aire primario, se prevé un compresor de aire secundario separado que está dispuesto en un ramal de conducto separado. Sin embargo, en estos procedimientos conocidos, el aire secundario cargado es conducido entonces, después del proceso de blanqueo, a una zona corriente arriba del compresor de NOx, de modo que éste también debe llevar el aire de blanqueo cargado a la segunda presión aumentada antes de que pueda ser reconducido de nuevo al proceso de absorción. Por lo tanto, en esta solución conocida, el compresor de NOx no se ve aliviado por el compresor de aire secundario separado.

Según una variante preferible del procedimiento según la invención, la mezcla gaseosa de aire de blanqueo cargada con NOx, que sale del dispositivo de blanqueo, es suministrada a través de un conducto al compresor de aire de blanqueo adicional o a la etapa del compresor de aire de blanqueo. Según la invención, este compresor de aire de blanqueo adicional realiza entonces la tarea de comprimir la presión del aire de blanqueo cargado hasta la segunda presión, de modo que este aire de blanqueo cargado, que ahora está presente a una presión mayor, puede volver ser reconducido al proceso de absorción, sin pasar por el compresor de NOx.

Según una variante preferible del procedimiento según la invención, por lo tanto, la mezcla gaseosa que sale del compresor de aire de blanqueo o de la etapa de compresor de aire de blanqueo y se ha llevado a la segunda presión, es conducida preferiblemente a través de un conducto a una zona situada corriente abajo del compresor de NOx y, a continuación, es suministrada al dispositivo de absorción.

El procedimiento según la invención ofrece la ventaja de que un primer compresor de aire secundario o una primera etapa o una etapa intermedia de un compresor de aire secundario de varias etapas puede conectarse a un sistema de aire de blanqueo ya existente de una instalación. En el procedimiento según la invención, el blanqueo tiene lugar a la primera presión inferior de, por ejemplo, 2 bar a 6 bar y, por tanto, al nivel de presión original. El aire de blanqueo cargado puede ser conducido a la etapa de compresor segunda o postconectada o al segundo compresor (el compresor de aire de blanqueo adicional según la terminología utilizada en el presente documento), donde se lleva a la segunda presión aumentada de, por ejemplo, 9 bar a 16 bar y, a continuación, se vuelve a reconducir al proceso para la producción de ácido nítrico (en el dispositivo de absorción).

El sistema de aire secundario puede realizar la función de una refrigeración intermedia. La refrigeración del aire de salida del proceso de blanqueo, que se presuriza a una presión mayor en el compresor de aire de blanqueo adicional postconectado, puede tener lugar, por ejemplo, en un condensador de ácido de alta presión.

Además, es objeto de la presente invención una instalación para la producción de ácido nítrico, en particular según un procedimiento del tipo descrito anteriormente, que comprende un compresor de aire primario, al menos un compresor de aire secundario dispuesto en un ramal de conducto separado del compresor de aire primario, un compresor de NOx dispuesto en el mismo árbol que el compresor de aire primario, un reactor de oxidación de amoníaco, un dispositivo de absorción y un dispositivo de blanqueo, en el que, según la invención, corriente abajo del compresor de aire secundario, está dispuesto al menos un compresor adicional, en concreto, un compresor de aire de blanqueo o al menos una etapa de compresor de aire de blanqueo adicional, por medio del (de la) cual un flujo de gas cargado, procedente del dispositivo de blanqueo, se lleva a la segunda presión a la que tiene lugar la absorción en agua del flujo de gas que contiene NOx.

Según una variante preferible de la invención, en la instalación según la invención, el compresor de aire secundario está conectado en el lado de salida, a través de al menos un conducto, a un dispositivo de blanqueo que trabaja aproximadamente a la misma presión a la que tiene lugar la reacción en el reactor de oxidación de amoníaco y, partiendo del dispositivo de blanqueo en el lado de salida, al menos un conducto conduce al lado de entrada del compresor de aire de blanqueo adicional o de la etapa de compresor de aire de blanqueo adicional, siendo el compresor de aire de blanqueo adicional o la etapa de compresor de aire de blanqueo adicional diferente del compresor de NOx. En otras palabras, el compresor de aire de blanqueo antes mencionado no es el compresor de NOx. En esta variante, la instalación comprende por lo tanto al menos cuatro compresores, el compresor de aire

primario, el compresor de NOx, el compresor de aire secundario y el compresor de aire de blanqueo adicional, que está postconectado al compresor de aire secundario en la trayectoria de flujo para llevar el aire de blanqueo cargado que sale del dispositivo de blanqueo, a continuación, a una presión más alta que corresponde aproximadamente a la presión a la que tiene lugar la absorción de los gases de NOx en el dispositivo de absorción. Sin embargo, el compresor de aire secundario puede estar configurado como dos compresores separados o como dos etapas de compresor de un mismo compresor que comprenda dos o varias etapas de compresor. En este último caso, solo habría un total de tres compresores, pero al menos cuatro etapas de compresor en total.

Según una variante preferible de la invención, está previsto un conducto que parte del lado de alta presión del compresor de aire de blanqueo adicional o de la etapa del compresor de aire de blanqueo adicional y que desemboca en un conducto en la zona de alta presión corriente abajo del compresor de NOx. A través de este conducto, el aire de blanqueo cargado de NOx puede volver a reconducirse al proceso de absorción en el dispositivo de absorción. Dado que el compresor de aire de blanqueo adicional realiza el aumento de presión de este flujo de gas, el compresor de NOx no se ve cargado por ello y, por tanto, no es necesario sustituirlo durante una renovación para aumentar la capacidad de la instalación.

Una posible variante de construcción alternativa de la invención prevé que el compresor de aire secundario y el compresor de aire de blanqueo adicional están configurados como dos compresores separados que están acoplados entre sí a través de medios de engranaje. Mediante este acoplamiento, por ejemplo, se puede trabajar con una disposición de compresores en la que a través de un árbol de accionamiento se accionan ambos compresores.

Una segunda variante de construcción alternativa de la invención prevé que el compresor de aire secundario está configurado como una primera etapa de compresor de un compresor con al menos dos etapas de compresor y que la etapa de compresor de aire de blanqueo adicional está configurada como una segunda etapa de compresor del mismo compresor, estando ambas etapas de compresor acopladas entre sí a través de medios de engranaje.

Según una variante preferible de la presente invención, el compresor de aire secundario y el compresor de aire blanqueado adicional o la etapa de compresor de aire secundario y la etapa de compresor de aire blanqueado adicional están configurados como turbocompresores de engranaje, en los que los respectivos árboles de compresor de los compresores o las etapas de compresor están acoplados entre sí a través de medios de engranaje. Se ha demostrado que este concepto de máquina es mucho más favorable para el compresor de aire secundario que, por ejemplo, los procedimientos en los que se utilizan dos dispositivos de blanqueo, uno de los cuales trabaja en la trayectoria de flujo del primer dispositivo de blanqueo a alta presión, ya que el único compresor de aire secundario tiene que llevar entonces el aire secundario (aire de blanqueo) a la segunda presión más alta a la que tiene lugar la absorción de los gases de NOx y ya que también el proceso de blanqueo realizado a una presión mayor conlleva desventajas.

Según una variante preferible de la invención, el compresor de aire primario y el compresor de NOx están dispuestos en el mismo árbol de accionamiento, mientras que el compresor de aire secundario o la etapa del compresor de aire secundario y el compresor de aire de blanqueo adicional o la etapa del compresor de aire de blanqueo adicional están dispuestos en una cadena cinemática separada del árbol de accionamiento. Por lo tanto, cuando se renueva el sistema, no es necesario modificar la zona actual de la denominada máquina principal, en la que el compresor de aire primario y el compresor de NOx y, por lo general, también la turbina de gas residual y, dado el caso, una turbina de vapor están dispuestos en el mismo árbol de accionamiento. Más bien, el compresor de aire secundario, que inicialmente lleva el aire secundario a la (primera menor) presión requerida para el proceso de blanqueo, está situado en una cadena cinemática separada de la máquina principal. El aire de blanqueo cargado, originado por la desorción del ácido nítrico bruto con aire durante el proceso de blanqueo, es conducido al compresor de aire de blanqueo adicional y entonces es llevado por éste a la segunda presión más alta, que corresponde a la presión durante la absorción de los gases de NOx en agua, de modo que este flujo de gas no tiene que ser comprimido por el compresor de NOx.

Según una variante preferible de la invención, la instalación comprende un condensador de ácido de alta presión que está dispuesto corriente abajo del compresor de aire de blanqueo adicional o de la etapa del compresor de aire de blanqueo adicional. En este caso, "alta presión" quiere decir que este condensador de ácido trabaja a la segunda presión aumentada, en particular en el intervalo de presión especificado anteriormente. En el caso de una renovación de una instalación de doble presión, puede tratarse de un condensador de ácido de alta presión ya presente en la zona de alta presión, es decir, corriente abajo del compresor de NOx, corriente arriba del cual desemboca el conducto procedente del compresor de blanqueo adicional, de modo que aquí tampoco es necesaria una conversión de esta zona de la instalación, sino que puede utilizarse el condensador de ácido de alta presión existente. A continuación, la presente invención se describe con más detalle mediante un ejemplo de realización haciendo referencia al dibujo adjunto. Muestran:

La figura 1, un diagrama de instalación esquemáticamente simplificado de una instalación a modo de ejemplo según la invención para la producción de ácido nítrico según el procedimiento de dos presiones; la figura 2, un diagrama esquemático simplificado de una instalación ejemplar para la producción de ácido nítrico según el procedimiento de dos presiones según una variante de realización alternativa de la presente invención.

A continuación, se hace referencia en primer lugar a la figura 1 y, a partir de ella, se explica con más detalle una primera variante de realización ejemplar del procedimiento según la invención. La representación según la figura 1 está muy simplificada y solo están representados los componentes de la instalación que son importantes en el marco de la presente invención.

La instalación según la invención comprende un reactor de oxidación de amoníaco 11, al que se alimenta amoníaco a través de un conducto 12 (véase la flecha 12). En este reactor de oxidación de amoníaco 11, el amoníaco se oxida catalíticamente a óxidos de nitrógeno (NOx) con ayuda del oxígeno atmosférico. El suministro del aire para esta reacción de oxidación (el llamado aire primario) se suministra a través del conducto 13, por la que el aire primario se lleva a una primera presión (por ejemplo, de 2 a 6 bar) con la ayuda del compresor de aire 14, a la que tiene lugar la reacción en el reactor de oxidación de amoníaco. La oxidación del amoníaco tiene lugar catalíticamente a altas temperaturas de, por ejemplo, aproximadamente 900 °C, por lo que el amoníaco se oxida primero a monóxido de nitrógeno (NO) y, después, a dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) tras reducirse la temperatura. La alta temperatura en el reactor de oxidación de amoníaco 11 se utiliza para generar vapor, por lo que el vapor generado 15 se conduce a una turbina de vapor 16, por medio de la cual se obtiene al menos una parte de la energía de accionamiento para los compresores utilizados en la instalación. Para ello, la turbina de vapor 16, un primer compresor de aire 14, un compresor de NOx 17 y una turbina de gas residual 18 están dispuestos en el mismo árbol 19.

El gas producto que contiene NOx, generado en el reactor de oxidación de amoníaco 11, sale del reactor a través del conducto 20 y se alimenta primero a uno o varios intercambiadores de calor 21 con fines de recuperación de calor y, a continuación, se suministra a través del conducto 22 a un condensador de ácido de media presión 23 en el que tiene lugar una refrigeración, de manera que el agua contenida en el flujo de gas de producto se condense y se forme una primera parte de condensado de ácido con el gas de NOx, que puede suministrarse a la torre de absorción 25 por medio de la bomba 24 (el conducto de conexión correspondiente no se muestra aquí). El flujo de gas que contiene NOx fluye desde el condensador de ácido 23 a través del conducto 26 hasta el compresor de NOx 17 y allí se comprime a una presión (por ejemplo, a entre aproximadamente 9 y 16 bares), ya que se trata de un procedimiento de dos presiones, y a continuación se suministra a través del conducto 27 a un condensador de ácido de alta presión 28 en el que asimismo se origina parcialmente condensado de ácido, y la mezcla de productos se conduce a través del conducto 29 a la torre de absorción 25, en la que el gas de NOx se absorbe en agua y se produce ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>). El agua de proceso necesaria para la reacción puede suministrarse a la torre de absorción 25 a través de un conducto indicado por la flecha 30.

El gas residual (denominado gas de cola) abandona la torre de absorción 25 arriba a través del conducto 31, se hace pasar por un calentador de gas residual 32 y, a continuación, es suministrado a través del conducto 33 a un reactor de gas residual 34, al que también se suministra amoníaco que reacciona con los óxidos de nitrógeno aún contenidos en el gas residual formando nitrógeno y agua, de modo que el gas residual se libera de NOx y se purifica. A continuación, el gas residual es suministrado a la turbina de gas residual 18 a través del conducto 35 y se expande allí. De esta manera, se acciona la turbina de gas residual 18 y, al estar situada en el mismo eje 19 que los dos compresores 14 y 17, la turbina de gas residual 18 también suministra una parte de la energía de accionamiento de los dos compresores 14 y 17. El gas residual expandido puede evacuarse, por ejemplo, a través de una chimenea.

El ácido nítrico generado en la torre de absorción 25 se evacúa a través de la flecha 36 (la representación según la figura 1 es un diagrama simplificado de la instalación en el que no se muestran todos los componentes y conductos de la instalación) y, después, se suministra a una torre de blanqueo 38, como indica la flecha 37 adicional, en la que el ácido nítrico se purifica mediante la desorción de los gases de NOx contenidos en la mezcla de productos por medio de aire. Para ello se utiliza el llamado aire secundario, que es suministrado por el mismo compresor que el aire primario para la oxidación del amoníaco a NOx en los procesos convencionales de dos presiones para producir ácido nítrico. En el procedimiento según la invención, sin embargo, se utiliza una disposición de al menos dos compresores 40, 41 o un compresor de dos etapas o de varias etapas, en particular un turbocompresor de engranaje como se muestra en el ejemplo de realización. Este turbocompresor de engranaje comprende un primer compresor 40 (también denominado aquí compresor de aire secundario) o una primera etapa de compresor a la que se suministra aire, siendo suministrado el aire comprimido a una presión aumentada a la torre de blanqueo 38 a través del conducto 42, de modo que el proceso de blanqueo tiene lugar a una primera presión menor, como en un sistema convencional de doble presión, que es aproximadamente del mismo orden de magnitud que la presión en el reactor de oxidación de amoníaco 11. A la torre de blanqueo 38 puede estar preconectado además un refrigerador 43. El ácido nítrico purificado se evacúa de la zona inferior de la torre de blanqueo 38 a través del conducto 44 (véase la flecha).

Tras el proceso de blanqueo en la torre de blanqueo 38, el flujo de gas de la zona superior se evacúa de la torre de blanqueo a través del conducto 45 y, a continuación, se alimenta al segundo compresor 41 (también denominado aquí compresor de aire de blanqueo adicional) o a la segunda etapa de compresor y se comprime a una presión mayor a través de este segundo compresor 41, de modo que el flujo de gas comprimido pueda fluir a través del conducto 46 corriente abajo del segundo compresor 41 hacia la zona de alta presión de la instalación, donde el conducto 46 desemboca en el conducto 27, en el que fluyen los gases de NOx comprimidos por el compresor de NOx 17, de modo que el flujo de gas del conducto 46 puede ser alimentado junto con el flujo de gas de NOx del conducto 27 al condensador de ácido de alta presión 28 y ser reconducido a la producción de ácido nítrico.

Una característica especial de la instalación según la invención es que los dos compresores 40, 41, es decir, el primer compresor 40, que comprime el aire secundario a una primera presión, y el segundo compresor 41, que comprime el flujo de gas de la torre de blanqueo 38 a una segunda presión, que es mayor que la primera presión, están acoplados casi mecánicamente entre sí a través de un engranaje 39. Los turbocompresores de engranaje son básicamente conocidos por el estado de la técnica y se describen, por ejemplo, en el documento EP3106670A1. Por regla general, los turbocompresores de engranaje comprenden un árbol de accionamiento y al menos dos árboles de compresor de los respectivos compresores, en los que los árboles de compresor están acoplados respectivamente al árbol de accionamiento y, por tanto, también entre sí mediante medios de engranaje. El árbol de accionamiento y los árboles de compresor pueden estar dispuestos paralelamente o en ángulo recto entre sí usando ruedas cónicas, como por ejemplo en el documento EP antes mencionado. En la figura 1, el turbocompresor de engranaje utilizado según la invención con los dos compresores 40, 41 solo se muestra esquemáticamente, estando representado el acoplamiento a través de un árbol 47 y estando representado el engranaje 39 por una caja rectangular.

A continuación, haciendo referencia a la figura 2, se explica con más detalle una variante alternativa a modo de ejemplo de la presente invención. La instalación para producir ácido nítrico según el procedimiento de dos presiones en la variante representada en la figura 2 está configurado en gran medida de forma similar a la variante según la figura 1, por lo que se hace referencia a este respecto a la descripción precedente. Por ello, a continuación solo se explican con más detalle las zonas de la instalación en las que existen diferencias. Estas diferencias se encuentran principalmente en la zona inferior derecha del dibujo. A diferencia de la variante según la figura 1, el flujo de gas cargado de NOx procedente del compresor de aire de blanqueo 41 en el segundo compresor de aire de blanqueo 14 no se alimenta directamente a la zona de alta presión situada corriente abajo del compresor de NOx 17 y corriente arriba del condensador de ácido de alta presión 28 a través del conducto 46, sino que primero se alimenta a una torre de blanqueo 48 preconectada, donde este flujo de gas blanquea el flujo de ácido de la torre de absorción 25 (mediante desorción), y entonces, el flujo de gas sale por el lado superior de la torre de blanqueo 48 preconectada y desde allí es conducido a la zona de alta presión, donde se mezcla con el flujo de gas de NOx en el conducto 27. El ácido procedente de la torre de absorción 25 y del condensador de ácido de alta presión 28 entra en la torre de blanqueo 48 preconectada en contracorriente con el flujo de gas y el ácido prepurificado sale de la torre de blanqueo 48 por la zona inferior y es conducido a través del conducto 36 (véase la flecha) a la torre de blanqueo 38 en la zona de baja presión que aquí también se denomina dispositivo de blanqueo a baja presión. De este modo, se puede cumplir con un contenido residual preferible de NOx (NO+NO<sub>2</sub>) en la entrada del compresor de aire de blanqueo 41 adicional o de una etapa de compresor de aire de blanqueo adicional, ya que dos medidas de blanqueo están prácticamente conectadas en serie.

Otra variante alternativa del procedimiento, que no se muestra en los dibujos, prevé una medida catalítica de reducción del contenido de NOx en el flujo de salida del dispositivo de blanqueo a baja presión para cumplir con el contenido residual preferible de NOx (NO+NO<sub>2</sub>) en la entrada del compresor de aire de blanqueo 41 adicional o de la etapa de compresor de aire de blanqueo adicional, que consiste en particular en una reducción catalítica selectiva de NOx con NH<sub>3</sub>. Para ello, por ejemplo, del conducto 12 mostrado en la figura 1 puede desviarse amoníaco e introducirse en el conducto 45 corriente abajo de la torre de blanqueo para reducir el contenido de NOx en el aire de blanqueo cargado haciéndolo reaccionar con amoníaco y proteger así el compresor de aire de blanqueo 41.

Otra variante alternativa del procedimiento según la invención, que tampoco se muestra en los dibujos, prevé en el flujo de salida del dispositivo de blanqueo a baja presión, como medida para cumplir con el contenido residual preferible de NOx (NO+NO<sub>2</sub>) en la entrada del compresor de aire de blanqueo adicional o la etapa del compresor de aire de blanqueo adicional, una dilución del flujo de salida del dispositivo de blanqueo a baja presión con aire adicional, que puede ser proporcionado, por ejemplo, por el primer compresor de aire de blanqueo 40 o la primera etapa del compresor de aire de blanqueo. Para ello, por ejemplo, puede derivarse aire desde el conducto 42 corriente abajo del compresor de aire de blanqueo 40, a través de un conducto de derivación que preferiblemente puede cerrarse mediante una válvula, que entonces desemboca en el conducto 45 corriente abajo de la torre de blanqueo 48. Alternativamente, este conducto de derivación también podría desembocar entre el refrigerador 43 y la torre de blanqueo 38 y suministrar aire adicional allí.

#### Lista de signos de referencia

- 11 Reactor de oxidación de amoníaco
- 12 Conducto para amoníaco
- 13 Conducto para aire primario
- 14 Compresor de aire
- 15 Vapor
- 16 Turbina de vapor
- 17 Compresor de NOx
- 18 Turbina de gas residual
- 19 Árbol
- 20 Conducto para gas producto que contiene NOx
- 21 Intercambiador de calor

## ES 2 980 576 T3

	22	Conducto
	23	Condensador de ácido de media presión
	24	Bomba
	25	Torre de absorción, dispositivo de absorción
5	26	Conducto
	27	Conducto
	28	Condensador de ácido de alta presión
	29	Conducto
	30	Flecha, suministro de agua de proceso
10	31	Conducto para gas residual
	32	Calentador de gas residual
	33	Conducto
	34	Reactor de gas residual
	35	Conducto
15	36	Flecha
	37	Flecha
	38	Torre de blanqueo / dispositivo de blanqueo a baja presión
	39	Engranaje
	40	Compresor o etapa de compresor de aire secundario
20	41	Compresor o etapa de compresor de aire de blanqueo
	42	Conducto para aire secundario (aire de blanqueo)
	43	Refrigerador
	44	Conducto para ácido nítrico
	45	Conducto
25	46	Conducto
	47	Árbol
	48	Torre de blanqueo preconectada

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para la producción de ácido nítrico según el procedimiento de Ostwald, que comprende la reacción de amoníaco con oxígeno atmosférico (aire primario) formando un flujo de gas que contiene NOx en un reactor de oxidación de amoníaco (11) a una primera presión y la absorción del flujo de gas que contiene NOx en agua en un dispositivo de absorción (25) a una segunda presión que es superior a la primera presión, comprendiendo el procedimiento un paso en el que está previsto un blanqueo del ácido nítrico con aire de blanqueo (aire secundario), teniendo lugar el blanqueo aproximadamente al nivel de presión de la primera presión, **caracterizado porque** el aire secundario se lleva a la presión de funcionamiento del proceso de blanqueo a través de al menos un compresor de aire secundario (40) separado o una etapa de compresor de aire secundario, siendo este compresor de aire secundario (40) separado independiente del compresor (14) por medio del cual el aire primario se lleva a la primera presión de la reacción de oxidación del amoníaco, y por medio de un compresor de aire de blanqueo (41) adicional o de una etapa de compresor de aire de blanqueo adicional, corriente abajo del proceso de blanqueo, la mezcla de gases originada durante el proceso de blanqueo se lleva a la segunda presión a la que tiene lugar la absorción en agua del flujo de gas que contiene NOx, trabajando este compresor de aire de blanqueo (41) adicional o la etapa de compresor de aire independientemente de un compresor de NOx (17) que comprime la mezcla de gas producto del reactor de oxidación de amoníaco (11) a la segunda presión.
- 10 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** en el flujo de salida de un dispositivo de blanqueo a baja presión (38), que se lleva a la segunda presión en un compresor de aire de blanqueo (41) adicional o en una etapa de compresor de aire de blanqueo adicional, en la entrada del compresor de aire de blanqueo (41) adicional o de una etapa de compresor de aire de blanqueo adicional, hay un contenido residual de NOx (NO+NO<sub>2</sub>) de 0 a 5000, preferiblemente de 0 a 100, y de forma particularmente preferible de 0 a 30 vppm.
- 15 20 3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque** en el flujo de salida de un dispositivo de blanqueo a baja presión (38) que se lleva a la segunda presión en un compresor de aire de blanqueo (41) adicional o en una etapa de compresor de aire de blanqueo adicional, está previsto un dispositivo de monitoreo para el contenido residual de NOx (NO+NO<sub>2</sub>) y/o de agua y/o para parámetros dependientes de estos contenidos (como, por ejemplo, los puntos de rocío).
- 25 30 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** en el flujo de entrada de ácido a un dispositivo de blanqueo a baja presión (38) están previstas medidas adecuadas para cumplir con un contenido residual preferible de NOx (NO+NO<sub>2</sub>).
- 35 40 5. Procedimiento según la reivindicación 4, **caracterizado porque** la medida para cumplir con el contenido residual preferible de NOx (NO+NO<sub>2</sub>) en la entrada del compresor de aire de blanqueo (41) adicional o de una etapa de compresor de aire de blanqueo adicional consiste en una torre de blanqueo (48) preconnectada que trabaja al nivel de presión del dispositivo de absorción (25) y es alimentado en el lado del gas por el flujo de salida del compresor de aire de blanqueo (41) adicional o de una etapa de compresor de aire de blanqueo adicional.
- 45 50 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 2 a 5, **caracterizado porque** en el flujo de salida del dispositivo de blanqueo a baja presión (38) están previstas medidas adecuadas para cumplir con el contenido residual de NOx (NO+NO<sub>2</sub>) preferible en la entrada del compresor de aire de blanqueo (41) adicional o de una etapa de compresor de aire de blanqueo adicional.
- 55 7. Procedimiento según la reivindicación 6, **caracterizado porque** la medida en el flujo de salida del dispositivo de blanqueo a baja presión, para cumplir con el contenido residual de NOx (NO+NO<sub>2</sub>) preferible en la entrada del compresor de aire de blanqueo (41) adicional o de una etapa de compresor de aire de blanqueo adicional, consiste en una medida catalítica para la reducción del contenido de NOx, en particular una reducción catalítica selectiva de NOx con NH<sub>3</sub>.
- 60 8. Procedimiento según la reivindicación 6 o 7, **caracterizado porque** la medida en el flujo de salida del dispositivo de blanqueo a baja presión (38) para cumplir con el contenido residual preferible de NOx (NO+NO<sub>2</sub>) en la entrada del compresor de aire de blanqueo (41) adicional o de una etapa de compresor de aire de blanqueo adicional, consiste en una dilución del flujo de salida del dispositivo de blanqueo a baja presión (38) con aire adicional, que preferiblemente es proporcionado por el primer compresor de aire de blanqueo (41) o por la primera etapa de compresor de aire de blanqueo.
- 65 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado porque** el compresor de aire de blanqueo (41) adicional o la etapa de compresor de aire de blanqueo está conectado operativamente al compresor de aire secundario (40) o a la etapa de compresor de aire secundario.
10. Procedimiento según la reivindicación 9, **caracterizado porque** el compresor de aire de blanqueo (41) adicional o la etapa de compresor de aire de blanqueo está acoplada al compresor de aire secundario (40) o a la etapa de compresor de aire secundario a través de medios de engranaje.

11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado porque** el aire secundario llevado a la primera presión por medio del compresor de aire secundario (40) separado o de la etapa de compresor de aire secundario separada es suministrada a través de un conducto (42) separado a un dispositivo de blanqueo (38) que trabaja a la primera presión.
- 5
12. Procedimiento según la reivindicación 11, **caracterizado porque** la mezcla gaseosa de aire de blanqueo cargado con NOx, que sale del dispositivo de blanqueo (38), es suministrada a través de un conducto (45) al compresor de aire de blanqueo (41) adicional o a la etapa del compresor de aire de blanqueo.
- 10
13. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizado porque** la mezcla gaseosa que sale del compresor de aire de blanqueo (41) o de la etapa de compresor de aire de blanqueo y se ha llevado a la segunda presión, es conducida preferiblemente a través de un conducto (46) a una zona situada corriente abajo del compresor de NOx (17) y, a continuación, es suministrada al dispositivo de absorción (25).
- 15
14. Instalación para la producción de ácido nítrico, en particular según un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 13, que comprende un compresor de aire primario (14), al menos un compresor de aire secundario (40) dispuesto en un ramal de conducto (42) separado del compresor de aire primario (14), un compresor de NOx (17) dispuesto en el mismo árbol que el compresor de aire primario (14), un reactor de oxidación de amoníaco (11), un dispositivo de absorción (25) y un dispositivo de blanqueo (38), **caracterizada porque** corriente abajo del compresor de aire secundario (40) está dispuesto al menos un compresor de aire de blanqueo (41) adicional o al menos una etapa de compresor de aire de blanqueo adicional, por medio del (de la) cual un flujo de gas cargado, procedente del dispositivo de blanqueo (38), se lleva a la segunda presión a la que tiene lugar la absorción en agua del flujo de gas que contiene NOx.
- 20
15. Instalación según la reivindicación 14, **caracterizada porque** el compresor de aire secundario (40) está conectado en el lado de salida a través de al menos un conducto (42) a un dispositivo de blanqueo (38) que trabaja aproximadamente a la misma presión a la que tiene lugar la reacción en el reactor de oxidación de amoníaco (11) y, partiendo del dispositivo de blanqueo (38) en el lado de salida, al menos un conducto (45) conduce al lado de entrada del compresor de aire de blanqueo (41) adicional o de la etapa de compresor de aire de blanqueo adicional, siendo el compresor de aire de blanqueo (41) adicional o la etapa de compresor de aire de blanqueo adicional diferente del compresor de NOx (17).
- 25
16. Instalación según una de las reivindicaciones 14 o 15, **caracterizada porque** está previsto un conducto (46) que parte del lado de alta presión del compresor de aire de blanqueo (41) adicional o de la etapa del compresor de aire de blanqueo adicional y que desemboca en un conducto (27) en la zona de alta presión corriente abajo del compresor de NOx (17).
- 30
17. Instalación según una de las reivindicaciones 14 a 16, **caracterizada porque** el compresor de aire secundario (40) y el compresor de aire de blanqueo (41) adicional están configurados como dos compresores separados que están acoplados entre sí a través de medios de engranaje (39).
- 35
18. Instalación según una de las reivindicaciones 14 a 17, **caracterizada porque** el compresor de aire secundario (40) está configurado como una primera etapa de compresor de un compresor con al menos dos etapas de compresor y la etapa de compresor de aire de blanqueo (41) adicional está configurada como una segunda etapa de compresor del mismo compresor, estando ambas etapas de compresor acopladas entre sí a través de medios de engranaje (39).
- 40
19. Instalación según la reivindicación 14 o 18, **caracterizada porque** el compresor de aire secundario (40) y el compresor de aire blanqueado (41) adicional o la etapa de compresor de aire secundario (40) y la etapa de compresor de aire blanqueado (41) adicional están configurados como turbocompresores de engranaje, en los que los respectivos árboles de compresor de los compresores o las etapas de compresor están acoplados entre sí a través de medios de engranaje.
- 45
20. Instalación según una de las reivindicaciones 14 a 19, **caracterizada porque** el compresor de aire primario (14) y el compresor de NOx (17) están dispuestos en el mismo árbol de accionamiento (19), mientras que el compresor de aire secundario (40) o la etapa del compresor de aire secundario y el compresor de aire de blanqueo (41) adicional o la etapa de compresor de aire de blanqueo adicional están dispuestos en una cadena cinemática separada del árbol de accionamiento (19).
- 50
21. Instalación según una de las reivindicaciones 14 a 20, **caracterizada porque** comprende un condensador de ácido de alta presión (28) que está dispuesto corriente abajo del compresor de aire de blanqueo (41) adicional o de la etapa del compresor de aire de blanqueo adicional.
- 55
- 60

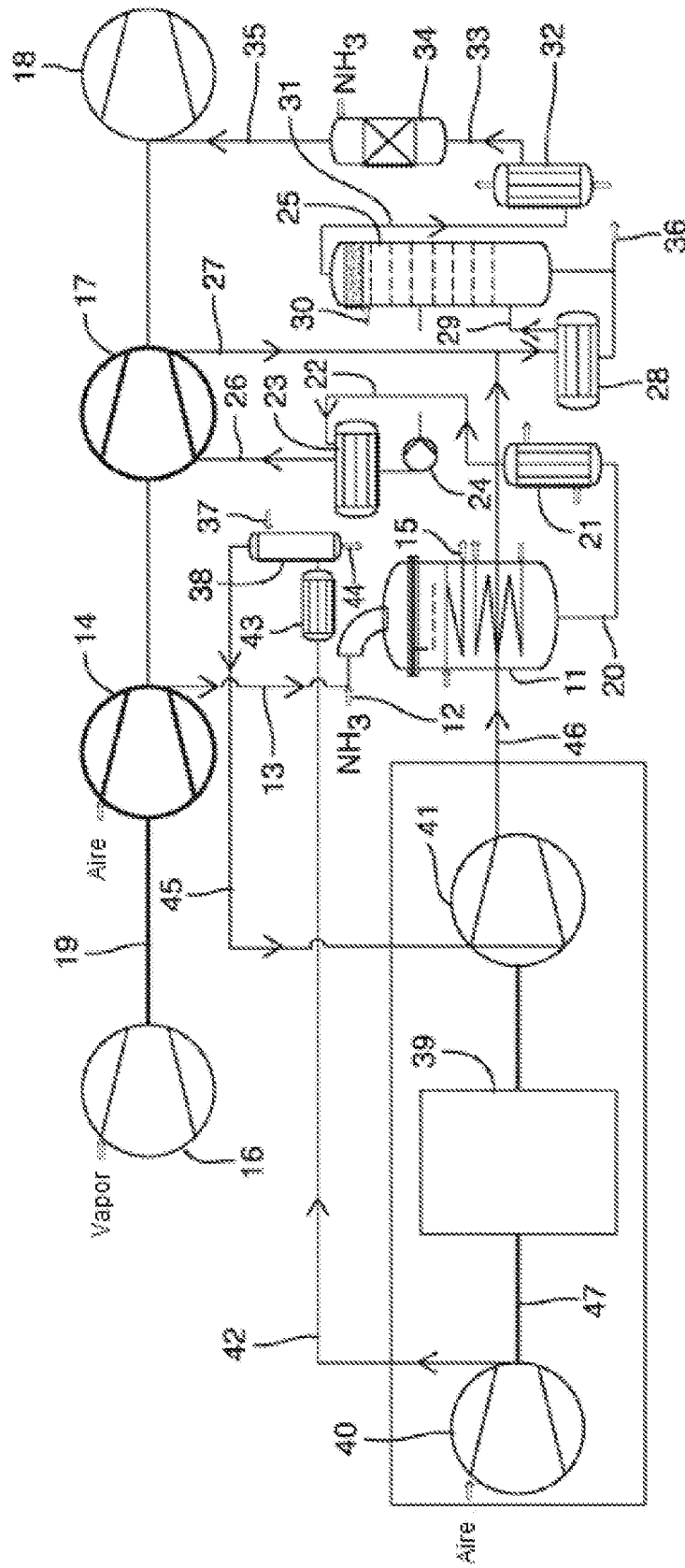


Fig. 1

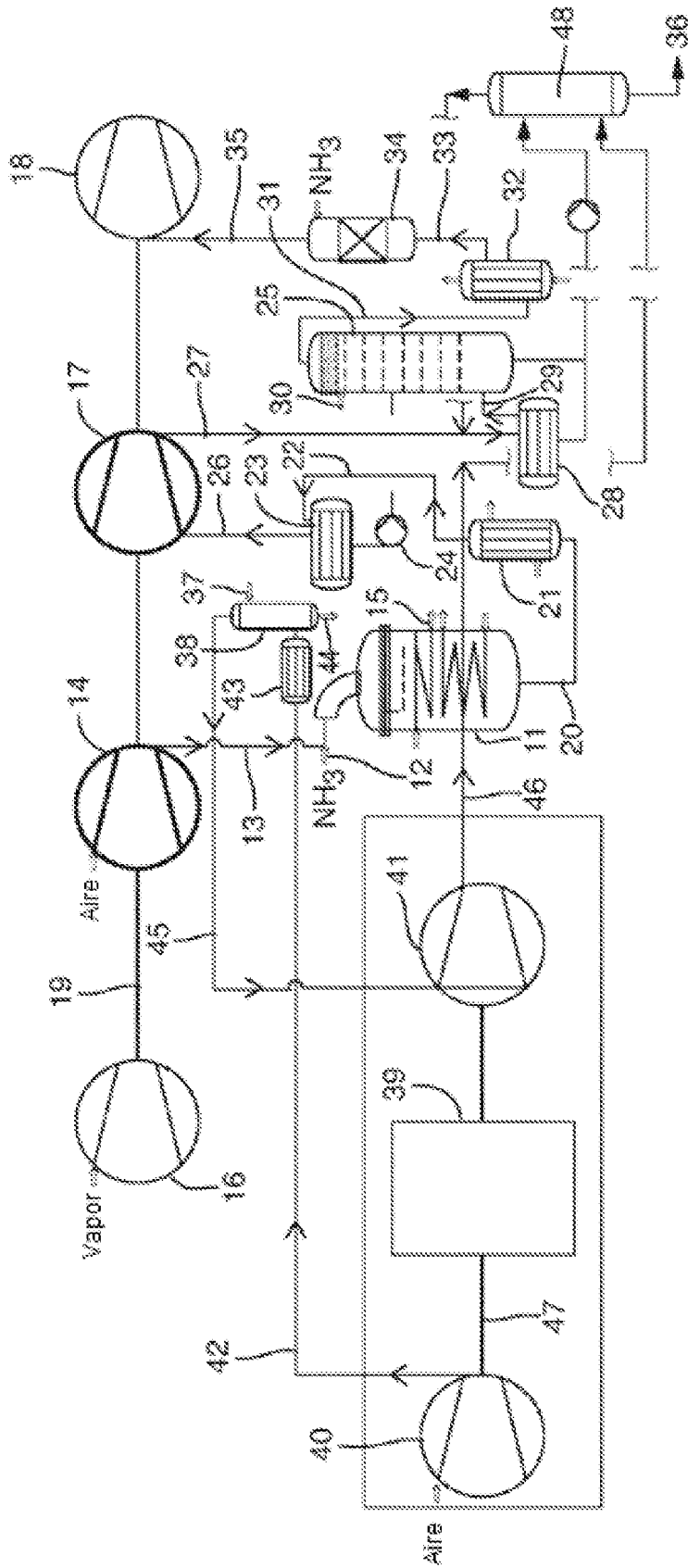


Fig. 2