

Bogotá, 2 de abril de 2024

Doctora

Edna Marcela Ramírez Orozco

Directora Nuevas Creaciones

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO -SIC-

E.

S.

D.

REF.: SOLICITANTE : YARA INTERNATIONAL ASA

TITULO : SISTEMA DE DOBLE PRESIÓN PARA PRODUCIR
ÁCIDO NÍTRICO Y PROCEDIMIENTO DE
FUNCIONAMIENTO DEL MISMO

EXPEDIENTE : NC2024/0001279

RESPUESTA AL OFICIO NO. 2655

HELENA CAMARGO WILLIAMSON, mayor de edad y vecina de Bogotá D.C., identificada como aparece al pie de mi firma, en mi condición de apoderada de **YARA INTERNATIONAL ASA**, me permito dar respuesta al oficio 2655 de 15 de febrero de 2024, de acuerdo con el artículo 39 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina.

1. Modificaciones al capítulo descriptivo y reivindicatorio

En vista de lo establecido en el Artículo 34 de la Decisión 486, el Solicitante desea **modificar el capítulo descriptivo y reivindicatorio actual**. Dichas modificaciones se describen a continuación:

1.1. Modificaciones al Capítulo Descriptivo

- En la página 4 se sustituye la expresión “*planta de ácido nítrico doble*” por “*planta de ácido nítrico de doble presión*”.
- En la página 36 se sustituye el término “*sistema*” por “*método*”.
- En la página 43 se sustituye la expresión “*mezcla de ácido acuosa diluida*” por “*mezcla de ácido nítrico acuosa diluida*”.
- En la página 7 se sustituye el término “*Pc*” por “*P2*”.

Es importante resaltar que este documento de ninguna manera amplía el objeto de la solicitud y, además, brinda un adecuado soporte a la materia reclamada por el Capítulo Reivindicatorio Modificado. De esta forma, la Descripción cumple con los requisitos del Artículo 28 de la Decisión 486.

1.2. Modificaciones a las Reivindicaciones

- **Nueva reivindicación 1:** se sustituyen las expresiones “*el primer gas de cola*” y “*Pc*” por “*la primera corriente de gas de cola*” y “*P2*”, respectivamente.
- **Nueva reivindicación 10:** se sustituye la expresión “*una presión P2, corriente abajo del compresor de gas NOx;*” por “*y presurizar adicionalmente el sistema a una presión P2, corriente abajo del compresor de gas NOx*”.
- Se elimina la antigua reivindicación 17.
- La nueva reivindicación 17 corresponde a la antigua reivindicación 18, así la dependencia ha sido remunerada.

En vista de todo lo anterior, me permito manifestar que el capítulo reivindicatorio modificado queda constituido por **17 reivindicaciones**, las cuales se refieren de manera clara y concisa al objeto de la presente solicitud, y cuentan con pleno soporte en las enseñanzas del capítulo descriptivo.

Es importante además aclarar que la anterior modificación no representa una ampliación al alcance de la invención como se presentó originalmente ni introduce nueva materia inventiva dentro de las reivindicaciones. Por lo tanto, dicho **capítulo reivindicatorio modificado** cumple a cabalidad con las provisiones de patentabilidad establecidas en el artículo 34 de la Decisión 486 de 2000.

2. Recibo por concepto de Modificación de Solicitud en Trámite

Conforme a lo establecido en la Resolución No. 59669 del 2020, se anexa al presente memorial:

- Copia del recibo por concepto de modificación de solicitud en trámite.

Se solicita atentamente tener en cuenta este recibo y continuar el trámite de la solicitud.

3. Capítulo I ó II (PCT)

En cuanto a el Reporte del Examen Preliminar Internacional (IPRP), me permito señalar que el IPRP se había adicionado junto con la presentación de la solicitud como documento adicional, sin embargo, para facilitar y acelerar el trámite nuevamente adjunto dicho documento junto con sus respectivos anexos, además, siguiendo sus amables sugerencias adjunto al presente memorial la traducción al castellano del IPRP incluidos sus anexos.

Así las cosas, considero superada la objeción al respecto ya que la presente solicitud cumple con todos los requisitos formales, en particular con lo establecido en el numeral 5.2.6 del Título X de la Circular Única de la Superintendencia de Industria y Comercio.

4. Pago por reivindicaciones adicionales

La Oficina recomienda pagar la tasa por las reivindicaciones adicionales, de conformidad con lo establecido en el numeral 1.2.2.2. del Título X de la Circular Única de la Superintendencia de Industria y Comercio.

Respecto a las reivindicaciones adicionales, me permito señalar que adjunto al presente memorial un Capítulo Reivindicatorio Modificado que comprende un total de 17 reivindicaciones. Así procedemos a pagar un total de 7 reivindicaciones adicionales para que el Examinador lleve a cabo el examen de patentabilidad para todo el alcance que se pretende reclamar por medio de la presente invención. En este sentido, considero superada la objeción al respecto debido a que adjunto el pago de la tasa por las reivindicaciones adicionales.

De acuerdo con lo anterior, se da cumplimiento a los requerimientos formulados por el examinador, razón por la cual solicito de manera respetuosa que se continúe con el trámite y se proceda con la publicación de la solicitud de la referencia.

De la Señora directora,

POSSE HERRERA RUIZ



HELENA CAMARGO WILLIAMSON
C.C 35.455.268 de Bogotá
T.P. 76.985

Anexos:

1. Formulario de Modificación de Solicitud en trámite.
2. Capítulo Descriptivo Modificado.
3. Capítulo Reivindicatorio Modificado.
4. Recibo por Concepto de Modificación de Solicitud en Trámite.
5. Recibo por Concepto de siete (7) Reivindicaciones adicionales.
6. Reporte del Examen Preliminar Internacional (IPRP).
7. Traducción al castellano del IPRP.

DELEGATURA PROPIEDAD INDUSTRIAL
MODIFICACIONES Y/O CORRECCIONES A SOLICITUDES EN TRÁMITE

1. TIPO DE SOLICITUD

☒ MODIFICACIÓN

☐ CORRECCIÓN

1.1 IDENTIFICACIÓN DEL TRÁMITE

- ☒ Patente de invención/PCT
☐ Patente Modelo de Utilidad/PCT
☐ Diseño Industrial
☐ Esquema de Trazado Circuitos Integrados

2. DATOS DEL SOLICITANTE

☐ Persona Natural

☒ Persona Jurídica

YARA INTERNATIONAL ASA

NOMBRE O DENOMINACIÓN/NOMBRE O RAZÓN SOCIAL COMPLETA

DIRECCIÓN

No. TELÉFONO

CIUDAD

CORREO ELECTRÓNICO

DEPARTAMENTO/ESTADO

NACIONALIDAD O

PAÍS DE RESIDENCIA

LUGAR DE CONSTITUCIÓN

3. DATOS DEL APODERADO

APELLIDOS

NOMBRES

IDENTIFICACIÓN

CAMARGO WILLIAMSON

HELENA

c.c. 35.455.268 de Bogotá

T.P. 76985

DIRECCIÓN Carrera 7 No. 71-52 Torre A, Piso 5

No. TELÉFONO 3257300

CIUDAD Bogotá D.C.

CORREO ELECTRÓNICO notipi@phrlegal.com

PAÍS Colombia

No. RADICACIÓN DE
PROTOCOLO DE
PODER GENERAL

4. MODIFICACIÓN Y/O CORRECCIÓN SOLICITADA

(Código actuación SIC - 608)

EXPEDIENTE No. **NC2024/0001279**

- ☒ Capítulo Descriptivo
- ☒ Capítulo Reivindicatorio
- ☐ Resumen
- ☐ Modificación Título

5. MODIFICACIÓN Y/O CORRECCIÓN SOLICITADA

(Código actuación SIC - 587)

- ☐ Cesión/Cambio Solicitante
- ☐ Cambio de Nombre
- ☐ Cambio de Domicilio
- ☐ Cambio de Dirección
- ☐ Nombre Inventor
- ☐ Momento Publicación
- ☒ Otra: Especifique:

En vista de lo establecido en el Artículo 34 de la Decisión 486, el Solicitante desea **modificar el capítulo reivindicatorio y descriptivo actual**, con el fin de superar las objeciones emitidas por el examinador en su Concepto Técnico. Dichas modificaciones se describen a continuación:

Modificaciones al Capítulo Descriptivo

- En la página 4 se sustituye la expresión “*planta de ácido nítrico doble*” por “*planta de ácido nítrico de doble presión*”.
- En la página 36 se sustituye el término “*sistema*” por “*método*”.
- En la página 43 se sustituye la expresión “*mezcla de ácido acuosa diluida*” por “*mezcla de ácido nítrico acuosa diluida*”.
- En la página 7 se sustituye el término “*Pc*” por “*P2*”.

Es importante resaltar que este documento de ninguna manera amplía el objeto de la solicitud y, además, brinda un adecuado soporte a la materia reclamada por el Capítulo Reivindicatorio Modificado. De esta forma, la Descripción cumple con los requisitos del Artículo 28 de la Decisión 486.

Modificaciones a las Reivindicaciones

- **Nueva reivindicación 1:** se sustituyen las expresiones “*el primer gas de cola*” y “*Pc*” por “*la*”

primera corriente de gas de cola" y "P2", respectivamente.

- **Nueva reivindicación 10:** se sustituye la expresión *"una presión P2, corriente abajo del compresor de gas NOx;"* por *"y presurizar adicionalmente el sistema a una presión P2, corriente abajo del compresor de gas NOx"*.
- Se elimina la antigua reivindicación 17.

En vista de todo lo anterior, me permito manifestar que el capítulo reivindicatorio modificado queda constituido por 17 reivindicaciones, las cuales se refieren de manera clara y concisa al objeto de la presente solicitud, y cuentan con pleno soporte en las enseñanzas del capítulo descriptivo.

Es importante además aclarar que la anterior modificación no representa una ampliación al alcance de la invención como se presentó originalmente ni introduce nueva materia inventiva dentro de las reivindicaciones. Por lo tanto, dicho **capítulo reivindicatorio modificado** cumple a cabalidad con las provisiones de patentabilidad establecidas en el artículo 34 de la Decisión 486 de 2000.

6. ANEXOS:

- ☒ Comprobante de pago de la tasa para la presentación de la modificación.
- ☐ Poder, si fuere el caso.
- ☐ Documento que legalmente pruebe la cesión del inventor al solicitante o a su causante.
- ☒ Documento que contiene las modificaciones y/o correcciones

7. FIRMA DEL SOLICITANTE, DEL APODERADO O DEL REPRESENTANTE LEGAL

Junto a cada firma, indicar el nombre del firmante y su calidad (si tal calidad no es obvia al leer el petitorio)



HELENA CAMARGO WILLIAMSON
APODERADO
C.C. 35.455.268 T.P. 76985

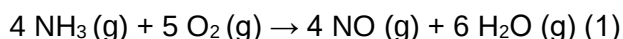
SISTEMA DE DOBLE PRESIÓN PARA PRODUCIR ÁCIDO NÍTRICO Y MÉTODO DE FUNCIONAMIENTO DE ESTE

Campo

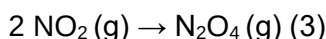
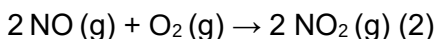
La presente divulgación se refiere al campo de la producción de ácido nítrico en una planta de doble presión.

Introducción

El ácido nítrico puro es un líquido transparente, incoloro y de olor fuerte. El ácido nítrico se produce en grandes cantidades principalmente mediante la oxidación catalítica de amoníaco (proceso de Ostwald). El amoníaco se convierte en ácido nítrico en varias etapas. El amoníaco se oxida primero en un quemador de amoníaco sobre gasas de platino (comúnmente denominado convertidor de amoníaco) o bolas de cobalto, lo que produce óxido nítrico (en esta divulgación también denominado monóxido de nitrógeno (NO)) y agua:

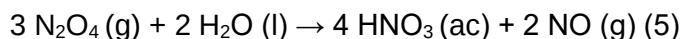
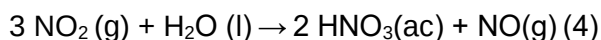


El producto de reacción de (1), óxido nítrico, después del enfriamiento, luego se oxida para obtener dióxido de nitrógeno (NO_2) y para obtener adicionalmente tetróxido de dinitrógeno N_2O_4 (g) en una sección de oxidación:



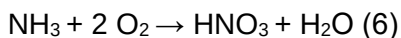
El enfriamiento de los gases de óxido de nitrógeno se logra primero mediante el uso de un sistema de recuperación de calor residual que recupera el calor de la conversión de amoníaco en óxido nítrico, luego mediante el uso de un enfriador/condensador en el que el ácido nítrico condensado se separa del óxido nítrico, dióxido de nitrógeno y tetróxido de dinitrógeno y gases de ácido nítrico, denominados colectivamente gases NO_x y, finalmente, al calentar el gas de cola liberado a la salida de la torre de absorción en la que se absorben los gases NO_x .

Mediante la absorción en agua, después de la compresión mediante un compresor de gas NO_x , el dióxido de nitrógeno y el tetróxido de dinitrógeno se convierten en ácido nítrico y óxido nítrico:



Se obtiene ácido nítrico débil hasta 68 % (azeótropo). Mediante un proceso de rectificación, se puede aumentar la concentración de ácido nítrico hasta 99 % de ácido

nítrico concentrado. La reacción total se obtiene mediante la siguiente fórmula:



Las principales unidades de proceso en una planta de producción de ácido nítrico incluyen un convertidor de amoníaco (conversión de amoníaco en óxidos nítricos con el uso de oxígeno sobre un catalizador adecuado), una sección de oxidación (conversión de óxido nítrico en dióxido de nitrógeno y tetróxido de nitrógeno), una unidad de absorbente (para la absorción de gases NO_x en agua) y una unidad de blanqueador (eliminación de los gases disueltos sin reaccionar, que contienen en particular NO_x y gases, de la solución acuosa de ácido nítrico, que le confieren su típico color pardusco).

El proceso para la producción de ácido nítrico se puede diferenciar en un proceso de monopresión (presión única) y de doble presión (presión dividida).

En un proceso de doble presión, la unidad de absorbente funciona a una mayor presión de trabajo que el convertidor de amoníaco. Los procesos de doble presión modernos presentan un convertidor de amoníaco de baja presión que funciona por lo general entre 2 y 6 bara, y una unidad de absorbente de alta presión que funciona entre 9 y 16 bara.

Un proceso de doble presión requiere un compresor de aire para alimentar aire de baja presión (que comprende alrededor de 21 % en volumen de oxígeno) al convertidor, y un compresor de gas NO_x para alimentar gases NO_x de alta presión a la unidad de absorbente. La presión de trabajo de un compresor de aire es de 2 a 6 bara, inclusive, y la presión de trabajo de un compresor de gas NO_x es de 9 a 16 bara, inclusive.

La potencia motriz del compresor de aire por lo general se origina en una turbina de gas de cola y una turbina de vapor o una fuente de energía, tal como un motor eléctrico. En consecuencia, el tren de compresores de una planta de producción de ácido nítrico de doble presión comprende por lo general un compresor de aire, un compresor de gas NO_x , una turbina de gas de cola y una turbina de vapor o una fuente de energía, tal como un motor eléctrico.

Más en detalle, con referencia a la Figura 1, una planta de doble presión y proceso de acuerdo con los trabajos del estado de la técnica funciona como sigue. El amoníaco gaseoso **32**, opcionalmente precalentado en una unidad de precalentamiento (no mostrada), se mezcla con aire comprimido **34** presurizado a baja presión mediante el uso de un compresor de aire **36**, en un aparato de mezcla **35**, y la mezcla de amoníaco/aire enriquecido con oxígeno resultante **14** se alimenta a un convertidor de

amoníaco **37**, que funciona a baja presión, donde el amoníaco se oxida sobre un catalizador adecuado, por lo que se obtiene una mezcla de gas NO_x LP/vapor **15**, que comprende agua y óxido nítrico (NO). El calor de la mezcla que sale del convertidor de amoníaco se recupera, después de lo cual la mezcla de gas NO_x /vapor se enfría posteriormente en un enfriador/condensador de gas **38** hasta una temperatura en la que el agua se condensa, y una mezcla de ácido nítrico acuosa diluida **17** se separa de una corriente gaseosa de NO_x **22**. La corriente gaseosa de NO_x **22** se envía a un compresor de gas NO_x **40**, en donde su presión se eleva de una baja presión a una alta presión, en donde es aproximadamente igual a una unidad de absorbente, **41**, que funciona a presión, y la corriente gaseosa presurizada de NO_x **24** se envía al absorbente de la unidad de absorbente **41**, comúnmente denominado torre de absorción. La corriente de gas NO_x presurizada **24** se oxida además para convertir adicionalmente el NO a NO_2 y N_2O_4 , se enfría en un enfriador/condensador de gas adicional **39** y luego también se dirige a la torre de absorción **41**. Dentro de la torre de absorción **41**, la corriente de gas NO_x presurizada **24** reacciona con agua para producir el gas de cola **5** y una corriente de ácido nítrico crudo **27** que también contiene gas NO_x residual, que se alimenta a un blanqueador **62**. El gas NO_x residual de la corriente de ácido nítrico crudo **27** luego se extrae con un medio gaseoso **72**, tal como un gas que contiene oxígeno o aire, dentro de la unidad de blanqueador **62** que funciona a baja presión; la unidad de blanqueador generalmente funciona a aproximadamente la misma presión que el convertidor de amoníaco. La potencia motriz del compresor de aire **36** y el compresor de gas NO_x **40** se origina en un expansor de gas de cola **7** y una turbina de vapor **51** o una fuente de energía, tal como un motor eléctrico (no mostrado). El calor generado en el convertidor de amoníaco **37** se usa para calentar el gas de cola **5** en el intercambiador de calor de gas de cola **43** que comprende los intercambiadores de calor **66** y **67**, en donde, por lo tanto, el gas de cola está opcionalmente presente. El gas de cola **5** intercambia calor con la mezcla de gas NO_x /vapor **15** en el sistema de intercambio de calor **43** y se expande en el expansor de gas de cola **7**.

El aire utilizado para la oxidación del amoníaco se denomina comúnmente aire primario; el aire utilizado como medio de extracción en la unidad de blanqueador se denomina comúnmente aire secundario.

De acuerdo con el estado de la técnica, la modernización de las plantas de producción de ácido nítrico para aumentar su capacidad se basa comúnmente en aumentar la cantidad de aire primario al reactor, lo que conduce a un aumento

proporcional de la cantidad de ácido nítrico producido.

El aumento de la cantidad de aire primario en el reactor conlleva la instalación de un nuevo compresor de aire o la renovación del existente. El aumento del aire primario también provoca que posteriormente se procese una mayor cantidad de gas en el compresor de gas NO_x . Esto implica una mayor modernización del compresor de gas NO_x o la instalación de uno nuevo, y la modificación o sustitución del gas de cola y/o de las turbinas de vapor y/o del motor eléctrico. De lo contrario, el compresor de gas NO_x alcanzaría fácilmente su límite de proceso, por lo que se convierte en el cuello de botella de la planta.

Sin embargo, la modernización tiene importantes inconvenientes. En primer lugar, conlleva elevados costos de modificación o sustitución de los equipos existentes, es decir, el compresor de aire, el compresor de gas NO_x y las correspondientes turbinas y motor eléctrico. Además, la renovación de los equipos también es técnicamente exigente y provoca largos tiempos de inactividad de la planta.

Otro problema relacionado con las plantas de producción de ácido nítrico es la gran cantidad de energía que se requiere para hacer funcionar el compresor de aire. En consecuencia, se requiere una gran cantidad de energía para lograr el rendimiento de producción de ácido nítrico diana.

Por lo tanto, un objetivo de la presente invención es proporcionar un sistema y un método para hacer funcionar el sistema que permita la reducción o incluso la supresión de la energía requerida para hacer funcionar el compresor de aire en una planta de ácido nítrico de doble presión.

Antecedentes del estado de la técnica

En CN110540178A (China Chengda Engineering Co Ltd, 2019), se divulga un proceso para producir ácido nítrico. El ácido nítrico se produce mediante un método de media presión, que se caracteriza porque comprende las siguientes etapas: la presión de oxidación y absorción de amoníaco es de 0,5-0,6 MPa; permitir que el gas de cola que sale de la torre de absorción pase a través de un dispositivo de tratamiento de adsorción por cambio de temperatura (TSA) con tamiz molecular de carbono para reducir el contenido de óxidos de nitrógeno en el gas de cola a menos de 100 mg/Nm^3 ; el aire de proceso del compresor de aire se usa como gas de desorción de regeneración del dispositivo de tratamiento de adsorción por cambio de temperatura de tamiz molecular de carbono, y el gas de desorción de regeneración que contiene el óxido de nitrógeno se puede devolver al reactor de oxidación de amoníaco para su

reutilización; agregar una capa de catalizador de descomposición de N_2O en el reactor de oxidación para reducir el contenido de N_2O a 50-100 PPM mediante la reacción; la torre de blanqueo de ácido nítrico está dispuesta en la parte inferior de la torre de absorción y las dos torres están integradas, de modo que se acorta el flujo de proceso y se reduce la inversión en equipos. Sin embargo, con respecto a la cantidad de aire comprimido por el compresor de aire, se debe comprimir la misma cantidad de aire que se comprimiría en ausencia de la unidad de TSA: en presencia de la unidad de TSA, la cantidad de aire comprimido inicialmente se divide directamente entre la unidad de TSA y el reactor de oxidación de amoníaco y, al final, con la cantidad de aire comprimido que sale de la unidad de TSA dirigida también al reactor de oxidación de amoníaco, la cantidad total de aire comprimido por el compresor de aire termina en el reactor de oxidación de amoníaco.

En WO2018/162150A1 (Casale SA, 13 de septiembre de 2018), se propone una solución para superar los inconvenientes de la modernización. WO2018162150A1 divulga una planta de doble presión para la producción de ácido nítrico que comprende un reactor que proporciona un efluente gaseoso que contiene óxidos de nitrógeno, una unidad de absorbente en la que los óxidos de nitrógeno reaccionan con agua y proporcionan ácido nítrico crudo, en donde la unidad de absorbente funciona a una presión mayor que la presión del reactor, un compresor que eleva la presión del efluente de reactor a la presión de la unidad absorbente, en donde la planta también comprende una primera unidad de blanqueador de HP y una segunda unidad de blanqueador de LP, en donde la primera unidad de blanqueador de HP extrae con aire el gas NO_x de la corriente de salida de la unidad de absorbente, lo que proporciona una corriente de ácido nítrico parcialmente extraída y una corriente de aire cargada con óxidos de nitrógeno, en donde la primera se alimenta a la segunda unidad de blanqueador de LP y la segunda se recicla a la sección de oxidación, corriente arriba del compresor de gas NO_x .

También se proporciona un compresor de aire adicional que suministra aire a la primera unidad de blanqueador de HP. Por lo tanto, se requiere energía para hacer funcionar una primera unidad de blanqueador de HP a una alta presión y luego reciclar los gases NO_x al lado de suministro del compresor de gas NO_x .

Por lo tanto, sigue existiendo la necesidad de un proceso y una configuración de planta correspondiente para minimizar o incluso suprimir la cantidad de energía requerida para hacer funcionar el compresor de gas NO_x y, preferentemente, también el compresor de aire, para evitar los cuellos de botella en el rendimiento de producción

de ácido nítrico asociados con esos compresores.

Síntesis

En un aspecto de la divulgación, se divulga una planta de producción para producir ácido nítrico con un consumo de energía reducido y emisiones reducidas, que comprende, opcionalmente, una fuente de aire presurizado en comunicación fluida con la planta de producción. El sistema comprende:

- una fuente de un gas rico en oxígeno, particularmente una fuente de gas rico en oxígeno presurizado, tal como un electrolizador de agua de alta presión;
- un aparato de mezcla corriente abajo de la fuente de gas rico en oxígeno, para mezclar un primer gas que contiene oxígeno con una corriente de gas amoníaco, para producir una mezcla de gas que contiene amoníaco/oxígeno;
- un convertidor de amoníaco, particularmente operable a una presión igual o mayor que P1 y menor que P2, para oxidar amoníaco en la mezcla de gas que contiene amoníaco/oxígeno, para producir una mezcla de gas NO_x/vapor que comprende agua y óxido nítrico;
- un medio para regular la concentración de amoníaco y/o de oxígeno en el convertidor de amoníaco, particularmente un medio para controlar el flujo del gas rico en oxígeno y/o un medio para controlar el flujo de la corriente de gas amoníaco, para mantener la relación molar de oxígeno con respecto a amoníaco dentro del convertidor de amoníaco en una relación de al menos 1,2;
- un primer enfriador/condensador de gas corriente abajo del convertidor de amoníaco, para producir una mezcla de ácido nítrico acuosa diluida y una corriente gaseosa de NO_x;
- un compresor de gas NO_x para comprimir la corriente gaseosa de NO_x, para producir una corriente de gas NO_x comprimida a una presión P2;
- una torre de absorción para absorber los gases NO_x de la corriente de gas NO_x comprimida en agua, para producir una corriente de ácido nítrico crudo que contiene gas NO_x residual, y un gas de cola que comprende gases NO_x, que comprende una salida de gas de cola de torre de absorción para evacuar el gas de cola;
- un sistema de intercambio de calor ubicado corriente arriba del enfriador/condensador de gas para intercambiar calor entre la mezcla de gas NO_x/vapor y el gas de cola, en particular para calentar una corriente de gas de cola con el calor del gas NO_x/vapor que proviene del convertidor de amoníaco;
- un segundo enfriador/condensador de gas para separar y condensar

vapor de la corriente de gas NO_x comprimida, particularmente antes de que la corriente de gas NO_x comprimida se proporcione a la torre de absorción;

- un suministro para un segundo gas que contiene oxígeno que tiene o (i) una presión igual o mayor que P1 y hasta P2, para suministrar oxígeno corriente abajo del convertidor de amoníaco y corriente arriba del compresor de gas NO_x, o bien (ii) una presión mayor que P2, para suministrar oxígeno a la corriente de gas NO_x comprimida;

- un medio para controlar el flujo del segundo gas que contiene oxígeno, de modo que una corriente de gas de cola contenga al menos 0,5 % en volumen de oxígeno; y

- un primer medio de liberación de presión, en particular un expansor de gas de cola, ubicado corriente abajo del sistema de intercambio de calor, para expandir una corriente de gas de cola corriente abajo de la torre de absorción, para producir un primer gas de cola expandido a una presión igual o mayor que P1 y menor que P2, en donde el primer medio de liberación de presión, en particular el expansor de gas de cola, puede alimentar al menos parcialmente el compresor de gas NO_x;

caracterizado porque la planta de producción comprende además:

- un medio para dividir un gas de cola en una primera corriente de gas de cola y una segunda corriente de gas de cola, en donde el primer gas de cola está en comunicación fluida con el gas rico en oxígeno, particularmente en donde la primera corriente de gas de cola tiene una presión igual o mayor que P1 y hasta P2, y en donde la mezcla del gas rico en oxígeno y la primera corriente de gas de cola proporciona el primer gas que contiene oxígeno.

Los inventores descubrieron que, en lugar de suministrar continuamente aire comprimido proporcionado por un compresor de aire como aire primario a la unidad de mezcla, es posible recircular la primera corriente de gas de cola proporcionada por el medio para dividir a una presión P1, particularmente cuando se combina con, al mismo tiempo, para proporcionar oxígeno, particularmente oxígeno presurizado, al sistema. Por lo tanto, solo es necesario suministrar aire comprimido o presurizado para iniciar el proceso, en particular para presurizar la planta o el sistema durante el inicio, pero no después de que haya comenzado la producción del gas de cola. Por lo tanto, para el funcionamiento de la planta de ácido nítrico no se necesita ningún compresor de aire. En este contexto, un compresor de aire adecuado para presurizar la planta tiene una capacidad de alrededor de 2000 a 19000 m³/h, que es mucho menor que un compresor de aire para hacer funcionar una planta de ácido nítrico del estado de la

técnica, con una capacidad de al menos 300000 m³/h. En una planta de ácido nítrico de doble presión, el gas de cola tiene una presión mayor que P1 y, por lo tanto, se puede usar un primer medio de liberación de presión, tal como el expansor de gas de cola, para expandir una corriente de gas de cola a una presión P1. Además, un primer gas rico en oxígeno que tiene una presión igual o mayor que P1 y hasta P2 y un segundo gas rico en oxígeno que tiene una presión mayor que P2, proporcionan oxígeno al convertidor de amoníaco y a la torre de absorción, respectivamente, de modo que, en ausencia del aire primario y secundario suministrado por el compresor de aire, la concentración de oxígeno en el convertidor de amoníaco y en la torre de absorción es similar a la de una planta de ácido nítrico de doble presión estándar.

En ausencia de un compresor de aire y con la primera corriente de gas de cola que recircula en el sistema, no solo se reduce la demanda de energía del sistema, sino que también se reducen las emisiones de NO_x que salen del sistema. Por lo tanto, el tamaño de la unidad de tratamiento para tratar esas emisiones de NO_x se reduce con respecto al tamaño en la correspondiente planta de ácido nítrico de doble presión estándar. Por lo tanto, el sistema de la presente divulgación logra una reducción significativa de energía junto con una reducción de la huella de área de la planta y la simplificación del sistema, mediante la eliminación del compresor de aire y la reducción del tamaño del expansor de gas de cola. Además, el suministro separado del oxígeno presurizado o el gas rico en oxígeno garantiza una conversión óptima del amoníaco en óxido nítrico.

En una forma de realización de acuerdo con la planta de producción de la divulgación, el sistema comprende además uno o más de:

- una turbina de vapor, en donde la turbina de vapor puede alimentar al menos parcialmente el compresor de gas NO_x;
- un intercambiador de calor para intercambiar calor entre el primer gas de cola expandido y una corriente de gas de cola más fría, en donde el primer gas de cola expandido sale del intercambiador de calor particularmente a una temperatura por debajo de 300 °C, y en donde el medio para dividir se ubica corriente abajo del intercambiador de calor y en comunicación fluida con el primer gas de cola expandido;
- una unidad de tratamiento de De-NO_x; y
- un segundo medio de liberación de presión para expandir la segunda corriente de gas de cola a presión atmosférica, para producir un segundo gas de cola expandido.

En una forma de realización de acuerdo con la planta de producción de la

divulgación, el sistema comprende además un blanqueador para blanquear la corriente de ácido nítrico crudo que contiene gas NO_x residual, para proporcionar una corriente de ácido nítrico blanqueado, que tiene una entrada para un gas blanqueador rico en oxígeno, y una salida para los gases residuales en comunicación fluida con cualquier corriente de gas corriente abajo del convertidor de amoníaco y corriente arriba del compresor de gas NO_x si el blanqueador funciona a una presión igual o mayor que P1 y hasta igual a P2, o en comunicación fluida con cualquier corriente corriente abajo del compresor de gas NO_x y corriente arriba de la torre de absorción si el blanqueador funciona a una presión mayor que P2, de modo que el suministro para el segundo gas que contiene oxígeno proviene al menos parcialmente de los gases residuales.

En una forma de realización de acuerdo con la planta de producción de la divulgación, parte del gas rico en oxígeno o parte del primer gas que contiene oxígeno o parte del gas de cola, está en comunicación fluida con la entrada del blanqueador, de modo que el gas blanqueador rico en oxígeno es proporcionado al menos parcialmente por parte del gas rico en oxígeno, por parte del primer gas que contiene oxígeno o por parte de una corriente de gas de cola.

En una forma de realización de acuerdo con la planta de producción de la divulgación, el sistema comprende además una corriente de un segundo gas que contiene oxígeno en comunicación fluida directa con cualquier corriente de gas de cola, particularmente una corriente de gas rico en oxígeno presurizado en comunicación fluida directa con cualquier corriente de gas de cola corriente abajo de la torre de absorción o corriente arriba del primer medio de liberación de presión.

En una forma de realización de acuerdo con la planta de producción de la divulgación, el gas rico en oxígeno, el segundo gas que contiene oxígeno, el gas blanqueador rico en oxígeno y los gases residuales del blanqueador son todos proporcionados al menos parcialmente por un electrolizador de agua, particularmente un electrolizador de agua de alta presión.

En una forma de realización de acuerdo con la planta de producción de la divulgación, la comunicación fluida entre la fuente de aire presurizado y el sistema está en comunicación fluida directa con el gas rico en oxígeno.

En un aspecto de la divulgación, se divulga un método para producir ácido nítrico con un consumo de energía reducido y emisiones reducidas, en una planta de producción de acuerdo con la planta de producción de la divulgación. El método comprende las etapas de:

antes de la etapa c), proporcionar o preparar un gas rico en oxígeno y un

primer gas que contiene oxígeno, y proporcionar una corriente de gas amoníaco;

c) suministrar la corriente de gas amoníaco y un primer gas que contiene oxígeno al aparato de mezcla, lo que produce la mezcla de gas que contiene amoníaco/oxígeno;

d) oxidar el amoníaco en la mezcla de gas que contiene amoníaco/oxígeno en el convertidor de amoníaco, particularmente a una presión igual o mayor que P1 y menor que P2 y a una temperatura que varía de 800 a 950 °C, lo que produce la mezcla gaseosa de gas NO_x/vapor, que comprende agua y óxido nítrico;

e) enfriar el gas NO_x de la mezcla gaseosa de gas NO_x/vapor en el sistema de intercambio de calor y en el primer enfriador/condensador de gas, lo que produce una mezcla de ácido nítrico acuosa diluida y una corriente gaseosa de NO_x;

f) comprimir la corriente gaseosa de NO_x en el compresor de gas NO_x, lo que proporciona la corriente de gas NO_x comprimida presurizada que tiene una presión P2;

g) absorber la corriente gaseosa presurizada de NO_x en la torre de absorción, lo que proporciona la corriente de ácido nítrico crudo que contiene gas NO_x residual y el gas de cola que comprende gases NO_x;

h) calentar el gas de cola en el sistema de intercambio de calor, en donde el calor de la mezcla de gas NO_x/vapor proviene del convertidor de amoníaco, particularmente a una temperatura que varía de 150 a 650 °C;

i) enfriar la corriente de gas NO_x presurizada en el segundo enfriador/condensador de gas, lo que proporciona una corriente de gas NO_x presurizada, particularmente que tiene una temperatura que varía de 20 a 60 °C; y

j) expandir al menos parte del gas de cola obtenido en la etapa h) en un primer medio de liberación de presión, lo que proporciona un primer gas de cola expandido; caracterizado porque el método comprende además las etapas de:

k) dividir una corriente de gas de cola con un primer medio para dividir en una primera corriente de gas de cola y una segunda corriente de gas de cola, y mezclar la primera corriente de gas de cola con el gas rico en oxígeno, lo que proporciona el primer gas que contiene oxígeno;

m) ajustar el flujo del gas rico en oxígeno que se mezcla en la etapa k) o el flujo de la corriente de gas amoníaco, de modo que la relación molar de oxígeno con respecto a amoníaco en la entrada del convertidor de amoníaco se mantenga en una relación de al menos 1,2 o al menos 1,25, particularmente entre 1,2 y 9 o entre 1,25 y

9; y

q) ajustar el flujo del gas rico en oxígeno a una presión igual o mayor que P1 y hasta P2 corriente arriba del compresor de gas NO_x, o a una presión mayor que P2 corriente abajo del compresor de gas NO_x, de modo que la concentración de oxígeno en una corriente de gas de cola se mantenga a una concentración de al menos 0,5 % en volumen.

En una forma de realización de acuerdo con el método de la divulgación, la primera corriente de gas de cola, particularmente la primera corriente de gas de cola expandida, mezclada en la etapa k) se obtiene particularmente después de la etapa j), y en donde el método comprende además las etapas de:

s) particularmente antes de la etapa k), calentar, en el intercambiador de calor, una corriente de gas de cola que es más fría que el primer gas de cola expandido con el primer gas de cola expandido, lo que lleva al primer gas de cola expandido a una temperatura por debajo de 300 °C, en particular antes de la etapa k), calentar, en el intercambiador de calor, el gas de cola obtenido en la etapa g) con el primer gas de cola expandido obtenido en la etapa j), lo que lleva al gas de cola a mezclarse en la etapa k) a una temperatura por debajo de 300 °C;

t) tratar la corriente de gas de cola, particularmente obtenida en la etapa s, en la unidad de tratamiento de De-NO_x;

u) expandir la segunda corriente de gas de cola en el segundo medio de liberación de presión, lo que proporciona el segundo gas de cola expandido; y

v) recuperar al menos parte del vapor generado en el convertidor de amoníaco en la turbina de vapor.

En una forma de realización de acuerdo con el método de la divulgación, el método comprende además la etapa de:

w) blanquear la corriente de ácido nítrico crudo que contiene gas NO_x residual en el blanqueador, lo que produce la corriente de ácido nítrico blanqueado.

En una forma de realización de acuerdo con el método de la divulgación, el método comprende además la etapa de:

w1) suministrar parte del gas rico en oxígeno o parte del primer gas que contiene oxígeno obtenido en la etapa k) o parte del gas de cola obtenido en la etapa g), a la entrada del blanqueador en la etapa w).

En una forma de realización de acuerdo con el método de la divulgación, el método comprende además la etapa de:

x) suministrar una corriente de un gas rico en oxígeno, particularmente como

una corriente de un gas rico en oxígeno presurizado, a una corriente de gas de cola, particularmente a una corriente de gas de cola corriente arriba del primer medio de liberación de presión.

En una forma de realización de acuerdo con el método de la divulgación, el método comprende además las etapas de:

y) hacer funcionar el electrolizador de agua, lo que produce gas oxígeno, particularmente hacer funcionar un electrolizador de agua de alta presión, lo que produce gas oxígeno presurizado; y

z) proporcionar, a partir del oxígeno producido por el electrolizador de agua en la etapa y), al menos parte del gas rico en oxígeno, el segundo gas que contiene oxígeno, el gas blanqueador rico en oxígeno y los gases residuales del blanqueador.

En una forma de realización de acuerdo con el método de la divulgación, en la etapa a), el aire presurizado se suministra en la corriente en comunicación fluida directa con el gas rico en oxígeno.

En un aspecto de la divulgación, se divulga el uso de la planta de producción de la divulgación para realizar el método de la divulgación.

En un aspecto de la divulgación, un método para modernizar una planta de producción (existente) para producir ácido nítrico, en donde la planta de producción (existente) comprende:

- un compresor de aire para proporcionar una corriente de aire comprimida;
- un aparato de mezcla, para mezclar la corriente de aire comprimida con una corriente de gas amoníaco, para producir una mezcla de gas que contiene amoníaco/oxígeno;
- un convertidor de amoníaco, operable a una presión igual o mayor que P1, pero menor que P2, para oxidar amoníaco en la mezcla de gas que contiene amoníaco/oxígeno, para producir una mezcla de gas NO_x/vapor, que comprende agua y óxido nítrico;
- un primer enfriador/condensador de gas, corriente abajo del convertidor de amoníaco, para producir una mezcla de ácido nítrico acuosa diluida y una corriente gaseosa de NO_x;
- un compresor de gas NO_x para comprimir la corriente gaseosa de NO_x, para producir una corriente de gas NO_x presurizada a una presión P2;
- una torre de absorción para absorber los gases NO_x de la corriente de gas NO_x presurizada en agua, para producir una corriente de ácido nítrico crudo que

contiene gas NO_x residual y un gas de cola que comprende gases NO_x;

- un sistema de intercambio de calor para intercambiar calor entre la mezcla de gas NO_x/vapor y el gas de cola, particularmente para calentar una corriente de gas de cola con el calor de la mezcla de gas NO_x/vapor del convertidor de amoníaco;
- un segundo enfriador/condensador de gas para separar y condensar vapor de la corriente de gas NO_x comprimida, entre el compresor de NO_x y la torre de absorción, y
- un expansor de gas de cola para expandir una corriente de gas de cola corriente abajo de la torre de absorción, para producir un gas de cola expandido a una presión P1, en donde el expansor de gas de cola puede alimentar al menos parcialmente el compresor de gas NO_x;

en una planta de producción de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, que comprende las etapas de:

- introducir una fuente de aire presurizado en comunicación fluida con la planta de producción;
- introducir un suministro o fuente de un gas rico en oxígeno, tal como un electrolizador de agua de alta presión, lo que proporciona parte de un primer gas que contiene oxígeno, corriente arriba y en comunicación fluida con el aparato de mezcla;
- introducir un medio para regular la concentración de amoníaco y/o de oxígeno en el convertidor de amoníaco, particularmente un medio para controlar el flujo del gas rico en oxígeno y/o el flujo del primer gas que contiene oxígeno y/o un medio para controlar el flujo de la corriente de gas amoníaco, para mantener la relación molar de oxígeno con respecto a amoníaco dentro del convertidor de amoníaco en una relación de al menos 1,2 o al menos 1,25, particularmente entre 1,2 y 9 o entre 1,25 y 9;
- introducir un suministro de un segundo gas que contiene oxígeno, que tiene o (i) una presión igual o mayor que P1 y hasta P2 para suministrar oxígeno corriente arriba del compresor de gas NO_x, o bien (ii) una presión mayor que P2, para suministrar oxígeno a la corriente de gas NO_x comprimida, de modo que una corriente de gas de cola contenga al menos 0,5 % en volumen de oxígeno;
- introducir un medio para dividir una corriente de gas de cola en una primera corriente de gas de cola y una segunda corriente de gas de cola, en donde la primera corriente de gas de cola tiene una presión igual o mayor que P1 y hasta P2, y está en comunicación fluida con el gas rico en oxígeno, que, tras la mezcla con el gas

rico en oxígeno proporciona el primer gas que contiene oxígeno;

- particularmente, introducir un medio para ajustar la cantidad de gas de cola que se divide en la primera corriente de gas de cola y la segunda corriente de gas de cola; y
- retirar el compresor de aire.

Lista de figuras

Figura 1: Planta de ácido nítrico de acuerdo con el estado de la técnica.

Figura 2A: Una forma de realización de una planta de ácido nítrico de acuerdo con la divulgación, en donde la segunda corriente de gas que contiene oxígeno **68** tiene una presión igual o mayor que P1 y menor que P2, y se proporciona corriente arriba del compresor de gas NOx.

Figura 2B: Una forma de realización de una planta de ácido nítrico de acuerdo con la divulgación, que comprende un blanqueador de baja presión, en particular con una presión igual o mayor que P1 y hasta P2, en donde los gases residuales del blanqueador **77** se proporcionan corriente arriba del compresor de gas NOx.

Figura 2C: Una forma de realización de una planta de ácido nítrico de acuerdo con la divulgación, en donde la segunda corriente de gas que contiene oxígeno **68** tiene una presión igual o mayor que P2, y se proporciona corriente abajo del compresor de gas NOx, entre el compresor de gas NOx y el absorbente.

Figura 2D: Una forma de realización de una planta de ácido nítrico de acuerdo con la divulgación, que comprende un blanqueador de alta presión, en particular con una presión igual o mayor que P2, en donde los gases residuales del blanqueador **77** se proporcionan corriente abajo del compresor de gas NOx, entre el compresor de gas NOx y el absorbente.

Tabla de números

4	aire
5	gas de cola
6	salida de la torre de absorción de ácido nítrico
7	un primer medio de liberación de presión (expansor de gas de cola)
10	primera corriente de gas de cola
14	mezcla de gas que contiene amoníaco/oxígeno
15	mezcla de gas NO _x /vapor de baja presión
17	mezcla de ácido nítrico acuosa diluida
22	corriente gaseosa de NO _x
24	gas NO _x comprimido
27	corriente de ácido nítrico crudo que contiene gas NO _x residual
32	amoníaco
34	aire comprimido o presurizado (estado de la técnica)
35	aparato de mezcla

36	compresor de aire
37	convertidor de amoníaco operable a una presión igual o menor que P1
38	enfriador/condensador de gas
39	enfriador/condensador de gas adicional
40	compresor de gas NO _x , particularmente para comprimir un gas a una presión P2 mayor que P1
41	torre de absorción operable a una presión P2
43	sistema de intercambio de calor
50	gas rico en oxígeno
51	turbina de vapor
55	medio para dividir el gas de cola
56	primer gas que contiene oxígeno
60	segundo medio de liberación de presión
61	gas rico en oxígeno presurizado
62	blanqueador
63	electrolizador de agua de alta presión
64	gas de cola expandido
65	aire presurizado (planta de producción de acuerdo con la presente divulgación)
66	primer intercambiador de calor del sistema de intercambio de calor 43
67	segundo intercambiador de calor del sistema de intercambio de calor 43
68	segundo gas que contiene oxígeno
69	segundo gas de cola expandido
70	unidad de tratamiento de De-NO _x
72	gas blanqueador rico en oxígeno
73	salida del blanqueador
74	corriente de un gas rico en oxígeno en comunicación fluida directa con una corriente de gas de cola
75	ácido nítrico blanqueado
77	gases residuales de la salida 73 del blanqueador 62
78	medio para presurizar
79	intercambiador de calor
80	segunda corriente de gas de cola
83,	corriente de gas de cola que sustituye parcialmente una fuente de aire secundario
84	

Descripción detallada

A lo largo de la descripción y las reivindicaciones de esta memoria descriptiva, la palabra "comprender" y variaciones de esta significan "incluso, entre otros", y no pretenden (ni excluyen) excluir otras porciones, aditivos, componentes, números enteros o etapas. A lo largo de la descripción y las reivindicaciones de esta divulgación, el singular abarca el plural, a menos que el contexto requiera lo contrario. En particular, cuando se usa el artículo indefinido, se debe entender que la divulgación contempla tanto la pluralidad como la singularidad, a menos que el contexto requiera lo contrario.

Se debe entender que los rasgos, números enteros, características,

compuestos, porciones químicas o grupos descritos junto con un aspecto, forma de realización o ejemplo particular de la divulgación son aplicables a cualquier otro aspecto, forma de realización o ejemplo descrito en la presente, a menos que sea incompatible con estos. Todos los rasgos divulgados en esta divulgación (incluso la descripción, las reivindicaciones, el resumen y los dibujos), y/o todas las etapas de cualquier método o proceso así divulgado, pueden combinarse en cualquier combinación, excepto combinaciones en las que al menos algunos de tales rasgos y/o etapas son mutuamente excluyentes. La divulgación no se limita a los detalles de ninguna de las formas de realización anteriores. La divulgación se extiende a cualquier novedad, o cualquier combinación novedosa, de los rasgos divulgados en esta divulgación (incluso la descripción, las reivindicaciones, el resumen y los dibujos), o a cualquier novedad, o cualquier combinación novedosa, de las etapas de cualquier método o proceso así divulgado.

La enumeración de valores numéricos mediante rangos de cifras comprende todos los valores y fracciones de estos rangos, así como los puntos finales citados. Las expresiones "que varía de... a..." o "varía de... a..." o "hasta", como se usan cuando se hace referencia a un rango de un valor medible, tal como un parámetro, una cantidad, un período de tiempo y similares, pretende incluir los límites asociados al rango que se divulga.

Cuando la expresión "alrededor de" se aplica a un valor particular o a un rango, el valor o rango se interpreta como tan preciso como el método utilizado para medirlo.

Como se define en la presente, un gas rico en oxígeno es un gas que comprende más de 21 % en volumen de oxígeno, más en particular, más de 30 % en volumen, más de 35 % en volumen, más de 40 % en volumen, más de 50 % en volumen, más de 60 % en volumen, más de 70 % en volumen, más de 80 % en volumen, más de 90 % en volumen, más de 95 % en volumen, más de 98 % en volumen y más de 99 % en volumen, más en particular, 100 % en volumen de oxígeno. Dicho gas rico en oxígeno se puede proporcionar, por ejemplo, mediante una unidad de separación de aire o un electrolizador de agua.

Como se define en la presente, un gas rico en oxígeno presurizado es un gas que tiene una presión que varía de 9 a 30 bara, preferentemente de 15 a 30 bara, y que comprende más de 21 % en volumen de oxígeno, más en particular, más de 30 % en volumen, más de 35 % en volumen, 40 % en volumen, más de 50 % en volumen, más de 60 % en volumen, más de 70 % en volumen, más de 80 % en volumen, más de 90 % en volumen, más de 95 % en volumen, más de 98 % en volumen y más de

99 % en volumen, más en particular, 100 % en volumen de oxígeno.

Como se define en la presente, el aire es aire ambiente que tiene presión atmosférica.

Como se define en la presente, el vapor son vapores de agua.

Como se define en la presente, el término "flujo" se refiere o a un flujo volumétrico o bien a un flujo de masa.

La presente divulgación se refiere en general a métodos y sistemas de doble presión para producir ácido nítrico, que por lo general funciona a dos presiones, P1 y P2. Por lo general, P1 varía de 2 a por debajo de 6 bara y P2 varía de 6 a 16 bara.

La presente divulgación se refiere en general a un sistema y método de doble presión para la producción de ácido nítrico con importantes ganancias en comparación con los sistemas y métodos convencionales, en donde el aire primario y/o aire secundario convencional que consiste en aire presurizado, proporcionado por un compresor de aire con una capacidad típica de al menos 300000 m³/h, se reemplaza por la combinación de (i) gas oxígeno o un gas rico en oxígeno, en particular un gas oxígeno o gas rico en oxígeno presurizado, tal como el producido por un electrolizador de agua de alta presión como se analiza en mayor detalle en la presente; y (ii) una corriente de gas de cola recirculada, lo que elimina la necesidad de un compresor de aire para generar aire primario y/o secundario comprimido. Dicho de otra manera, en el sistema y métodos para la producción de ácido nítrico de acuerdo con la presente divulgación:

(i) se usa gas oxígeno o un gas rico en oxígeno, en particular un gas oxígeno o gas rico en oxígeno presurizado, tal como el producido por un electrolizador de agua de alta presión, (a) tras la mezcla con parte de la corriente de gas de cola, proporcionar una primera corriente de gas que contiene oxígeno, que se mezcla con una corriente de gas amoníaco y posteriormente se proporciona al convertidor de amoníaco; y (b) se usa para proporcionar una segunda corriente de gas que contiene oxígeno corriente abajo del convertidor de amoníaco, tal como una segunda corriente de gas que contiene oxígeno que se mezcla con una corriente de gas que contiene NO_x corriente abajo del convertidor de amoníaco, tal como entre el convertidor de amoníaco y el compresor de NO_x o entre el compresor de NO_x y el absorbente, y/o que se usa como gas de extracción en un blanqueador, en donde, en particular, los gases residuales del blanqueador que contienen oxígeno se mezclan posteriormente con una corriente de gas que contiene NO_x entre el convertidor de amoníaco y el absorbente; y

(ii) el gas de cola que sale del absorbente se divide en una primera corriente de gas de cola y una segunda corriente de gas de cola, en donde la primera corriente de gas de cola se mezcla con el gas oxígeno o el gas rico en oxígeno, en particular el oxígeno o gas rico en oxígeno presurizado, tal como el producido por un electrolizador de agua de alta presión, para proporcionar la primera corriente de gas que contiene oxígeno; y/o en donde parte del gas de cola que sale del absorbente también puede mezclarse con el gas oxígeno o el gas rico en oxígeno, o el primer gas que contiene oxígeno, en particular el gas oxígeno o gas rico en oxígeno presurizado, tal como el producido por un electrolizador de agua de alta presión, para proporcionar la segunda corriente de gas que contiene oxígeno.

Planta de producción de ácido nítrico

Se hace referencia a las Figuras 2A, 2B, 2C y 2D. En un aspecto de la divulgación, se divulga una planta de producción para producir ácido nítrico con un consumo de energía reducido y emisiones reducidas. La planta de producción comprende:

- preferentemente, una fuente de aire presurizado **65**, particularmente para presurizar la planta o sistema de producción durante el inicio. Más en particular, la fuente de aire presurizado está en comunicación fluida con un sistema que comprende una fuente o suministro de un gas rico en oxígeno **50**. Como se define en la presente, una fuente de aire presurizado es capaz de proporcionar de 2000 a 19000 m³/h de aire presurizado;
- una fuente o suministro de un gas rico en oxígeno **50**, que proporciona parte de un primer gas que contiene oxígeno;
- un aparato de mezcla **35** corriente abajo de la fuente o suministro del gas rico en oxígeno **50**, para mezclar un primer gas que contiene oxígeno **56** con una corriente de gas amoníaco **32**, para producir una mezcla de gas que contiene amoníaco/oxígeno **14**;
- un convertidor de amoníaco **37**, particularmente operable a una presión igual o mayor que P1 y menor que P2, más particularmente operable a una presión P1, para oxidar amoníaco en la mezcla de gas que contiene amoníaco/oxígeno **14**, para producir una mezcla de gas NO_x/vapor **15**, que comprende agua y óxido nítrico;
- preferentemente, un medio para medir la concentración de oxígeno en el primer gas que contiene oxígeno **56**; y preferentemente, un medio para ajustar el suministro de la corriente de gas amoníaco **32** al aparato de mezcla **35**; y, preferentemente, un medio para ajustar la concentración de oxígeno en el gas que

contiene oxígeno **56**, de modo que la relación molar de oxígeno con respecto a amoníaco en la entrada del convertidor de amoníaco **37** sea de al menos 1,2 o al menos 1,25, particularmente entre 1,2 y 9 o entre 1,25 y 9. Por lo tanto, el sistema de acuerdo con la presente divulgación puede comprender un medio para regular (no mostrado) la concentración de amoníaco y/o de oxígeno en el convertidor de amoníaco **37**, particularmente un medio para controlar el flujo del gas rico en oxígeno **50** y/o un medio para controlar el flujo de la corriente de gas amoníaco **32**, para mantener la relación molar de oxígeno con respecto a amoníaco dentro del convertidor de amoníaco **37** en una relación de al menos 1,2 o al menos 1,25; tal como entre 1,2 y 9, entre 1,25 y 9 o entre 1,3 y 9;

- preferentemente, un medio para medir la temperatura en el convertidor de amoníaco **37**;

- un primer enfriador/condensador de gas **38** corriente abajo del convertidor de amoníaco **37**, para producir una mezcla de ácido nítrico acuosa diluida **17** y una corriente gaseosa de NO_x **22**;

- un compresor de gas NO_x**40** para comprimir la corriente gaseosa de NO_x **22**, para producir una corriente de gas NO_x comprimida **24** a una presión P2;

- una torre de absorción **41** para absorber los gases NO_x de la corriente de gas NO_x comprimida **24** en agua, para producir una corriente de ácido nítrico crudo que contiene gas NO_x residual **27** y un gas de cola **5** que comprende gases NO_x, que comprende una salida de gas de cola de torre de absorción **6** para evacuar el gas de cola **5**;

- preferentemente, un medio para medir la concentración de oxígeno en una corriente de gas de cola corriente abajo de la torre de absorción **41**;

- un sistema de intercambio de calor **43** ubicado corriente arriba del primer enfriador/condensador de gas **38** para intercambiar calor entre la mezcla de gas NO_x/vapor **15** y el gas de cola **5**, particularmente para calentar una corriente de gas de cola con el calor de la mezcla de gas NO_x/vapor **15**;

- un segundo enfriador/condensador de gas **39** para separar y condensar vapor de la corriente de gas NO_x comprimida **24**, particularmente antes de que dicha corriente se proporcione a la torre de absorción, particularmente para producir una corriente de gas NO_x comprimida **24** que tiene una temperatura que varía de 20 a 60 °C.

- un suministro de un gas rico en oxígeno **68, 72, 77** que tiene o (a) una presión igual o mayor que P1 y hasta P2 (ver las Figuras 2A y 2B), para suministrar oxígeno

corriente abajo del convertidor de amoníaco **37** y corriente arriba del compresor de gas NO_x **40**, o dicho de otra manera, entre el convertidor de amoníaco **37** y el compresor de gas NO_x **40**, o bien (b) una presión mayor que P2 (ver las Figuras 2C y 2D), para suministrar oxígeno a la corriente de gas NO_x comprimida **24**, de modo que una corriente de gas de cola **5, 10, 64, 69, 80, 83, 84** contenga al menos 0,5 % en volumen de oxígeno. En particular, el sistema puede comprender además un medio para controlar el flujo del segundo gas que contiene oxígeno para obtener una corriente de gas de cola **5, 10, 64, 69, 80, 83, 84** que contenga al menos 0,5 % en volumen de oxígeno; y

- un primer medio de liberación de presión, tal como un expansor de gas de cola **7**, ubicado corriente abajo del sistema de intercambio de calor **43**, para expandir una corriente de gas de cola, es decir, corriente abajo de la torre de absorción **41**, para producir un primer gas de cola expandido **64** a una presión igual o mayor que P1 y menor que P2, particularmente a una presión P1, en donde el primer medio de liberación de presión **7** puede alimentar al menos parcialmente el compresor de gas NO_x **40**;

La planta de producción se caracteriza porque el sistema comprende además un medio para dividir **55** una corriente de gas de cola (corriente abajo de la torre de absorción **41**) en una primera corriente de gas de cola **10** y una segunda corriente de gas de cola **80**, en donde la primera corriente de gas de cola **10** tiene una presión igual o mayor que P1 y hasta P2 y está en comunicación fluida con el gas rico en oxígeno **50**, y opcionalmente el aire comprimido, en donde la mezcla del gas rico en oxígeno **50** y la primera corriente de gas de cola **10** proporciona el primer gas que contiene oxígeno **56**. En particular, la planta de producción puede comprender además un medio para ajustar la cantidad de gas de cola que se divide en la primera corriente de gas de cola **10** y la segunda corriente de gas de cola **80**.

Por lo general, el sistema de intercambio de calor **43** comprende al menos dos intercambiadores de calor **66, 67**. La persona del oficio de nivel medio se dará cuenta de que es posible dividir una corriente de gas de cola dentro del sistema de intercambio de calor, por ejemplo, entre los intercambiadores de calor **66** y **67**. En particular, la planta de producción puede comprender sistemas de intercambio de calor adicionales, de modo que la corriente gaseosa de NO_x **22** o la corriente de gas NO_x comprimida **24** intercambie calor con el gas de cola **5**.

Como se define en la presente, una corriente de gas de cola es cualquier corriente de gas corriente abajo de la torre de absorción **41**, entre la torre de absorción

41 y el punto de comunicación entre o el punto de mezcla de entre la primera corriente de gas de cola **10** y el gas rico en oxígeno **50**.

Como se define la presente, un medio para dividir es cualquier medio adecuado para dividir una corriente de gas de cola, tal como para generar una primera corriente de gas de cola **10** y una segunda corriente de gas de cola **80**. En particular, el medio para dividir es una conexión en T que tiene una entrada y dos salidas, de modo que un gas que fluye a través de la entrada de la conexión en T se divide en dos corrientes de gas de idéntica composición química. Como se define en la presente, un medio de liberación de presión es cualquier medio adecuado para reducir la presión de una corriente de gas, tal como una corriente de gas de cola. En particular, el medio de liberación de presión puede ser un expansor de gas o un eyector de gas. Un eyector de gas proporciona los beneficios de un equipo simplificado, en donde la mezcla de diferentes corrientes de gas se combina con la reducción de la presión del gas de cola. Por ejemplo, una corriente de gas de cola, procesada por medio del eyector de gas, puede actuar como gas motriz, y un segundo gas alimentado al eyector puede ser, por ejemplo, aire ambiente a una presión (por ejemplo, presión atmosférica) menor que la corriente de gas de cola como gas motriz. En particular, se puede alimentar una corriente de gas de cola como gas motriz a un eyector de gas, y un segundo gas alimentado al eyector es gas oxígeno a una presión menor que la corriente de gas de cola como gas motriz. En este contexto, tanto la alimentación de aire u oxígeno a través del eyector de gas contribuye a aumentar la concentración en la primera corriente de gas de cola **10** y/o una corriente de gas de cola **83, 84** adicional que se recicla, lo que reduce la demanda del gas rico en oxígeno **50**. En particular, se alimenta una corriente de gas de cola como gas motriz al eyector y el segundo gas alimentado al eyector es la mezcla de gas NOx/vapor **15** o la corriente gaseosa de NOx **22**.

La persona del oficio de nivel medio se dará cuenta de que el medio para dividir se puede incorporar dentro del (primer) medio de liberación de presión, siempre que el (primer) medio de liberación de presión incluya al menos dos salidas para la corriente de gas que se despresuriza, en particular una salida para la primera corriente de gas de cola **10** y otra salida para la segunda corriente de gas de cola **80**.

Como se define en la presente, un medio para ajustar la cantidad de gas de cola que se divide en la primera corriente de gas de cola **10** y la segunda corriente de gas de cola **80**, es cualquier medio para controlar la división en el medio para dividir **55**. En particular, el medio para dividir **55** es una conexión en T como se describió

anteriormente y el medio para ajustar puede ser un orificio o un álabe guía o una válvula de control de flujo en una o ambas de las salidas de la conexión en T. Incluso más en particular, el medio puede ser un sistema de control de proceso integrado, en el que la temperatura en el convertidor de amoníaco **37** se determina a través de un medio para medir la temperatura. La temperatura en el convertidor de amoníaco **37** luego se usa para controlar un medio de control de flujo en el medio para dividir **55**, lo que controla la división de la corriente de gas de cola, a fin de que la temperatura medida se mantenga en el rango de 800-950 °C.

Como se define en la presente, un medio para ajustar la concentración de oxígeno es cualquier medio adecuado para regular la cantidad de oxígeno que se debe introducir en el sistema a partir de una medición de la concentración de oxígeno, tal como mediante el uso de un medio para medir la concentración de oxígeno. La concentración de oxígeno se puede determinar, por ejemplo, a partir de una medición en la fase gaseosa mediante el uso de un analizador de gases de proceso. La concentración de oxígeno también se puede determinar a partir del cálculo mediante el uso de la concentración de la fuente de oxígeno que se introduce en el sistema, en particular la concentración de oxígeno del gas rico en oxígeno, el flujo al que la fuente de oxígeno, en particular el gas rico en oxígeno, se introduce en el sistema, particularmente el flujo al que la corriente de gas amoníaco se introduce en el sistema y los valores de flujo relativos de los gases con los que se mezcla la fuente de oxígeno; en particular los valores de flujo relativos a los que se mezclan el gas rico en oxígeno y la corriente de gas amoníaco. Mediante el uso de la concentración de oxígeno, se determina, a su vez, el flujo pertinente de oxígeno que se debe introducir en el sistema y se usa para controlar el flujo de oxígeno, de una fuente gaseosa de oxígeno a una concentración predeterminada. El control del flujo de oxígeno gaseoso se puede lograr, por ejemplo, mediante válvulas de control de flujo. En este contexto, como se define en la presente, un medio para regular la concentración de amoníaco y/o de oxígeno es cualquier medio adecuado para alcanzar una concentración diana de amoníaco y/o de oxígeno. En particular, tal medio es un medio de control de flujo de gas, en particular una válvula de control de flujo o un orificio o un álabe de guía, para controlar el flujo del gas rico en oxígeno y/o la corriente de gas amoníaco. En particular, el medio es un sistema de control de proceso integrado, en el que se mide la concentración de oxígeno, y, de este modo, se determina y se logra el flujo diana o flujo pertinente de oxígeno a partir del control del flujo del primer gas rico en oxígeno, de una fuente gaseosa de oxígeno a una concentración predeterminada.

La persona del oficio de nivel medio determinará la concentración de oxígeno óptima en los gases que entran en el convertidor de amoníaco **37** y en la torre de absorción **41**, para que la conversión catalítica del amoníaco en óxido nítrico se produzca de manera óptima en el convertidor de amoníaco **37** y para que la absorción de los gases NO_x en la torre de absorción **41** se produzca de manera óptima. Además, tras determinar el contenido de oxígeno que sale de la torre de absorción **41**, también ponderará los beneficios de aumentar el contenido de oxígeno en la torre de absorción **41**, frente al inconveniente de un mayor volumen de gas corriente abajo de la torre de absorción **41**, lo que implica equipos, tales como intercambiadores de calor, de mayor tamaño, para calentar el gas de cola.

Como se define en la presente, un medio para medir la temperatura es cualquier medio adecuado para medir e indicar la temperatura en el quemador de oxidación de amoníaco. En particular, el medio para medir la temperatura es un termopar o un termómetro adecuado para medir e indicar una temperatura que varía hasta $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$. Más en particular, el medio para medir la temperatura es un termómetro infrarrojo para medir e indicar una temperatura que varía hasta $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Como se define en la presente, un medio para convertir el vapor en energía es cualquier medio para obtener energía a partir de vapor. En particular, ese medio es una turbina de vapor conectada a un generador eléctrico.

Si se considera que un ciclo de producción de una unidad o planta comprende una fase de inicio, en donde se inician los diferentes procesos; una fase o modo de funcionamiento continuo y esencialmente constante, en donde los procesos funcionan con una carga de trabajo determinada que suele mantenerse constante durante un ciclo de producción; y una fase de apagado, donde los procesos se detienen de manera lenta y segura, la expresión "durante el funcionamiento" o "durante el funcionamiento continuo" de una unidad o planta, en particular de una planta de ácido nítrico, se refiere al modo de funcionamiento continuo en donde la unidad o planta produce un producto, en particular ácido nítrico.

Los inventores descubrieron que, en lugar de suministrar continuamente aire comprimido **34** proporcionado por un compresor de aire **36** a la unidad de mezcla **35**, en particular durante el funcionamiento continuo de la planta de ácido nítrico, es posible recircular la primera corriente de gas de cola **10** a una presión P1. Por lo tanto, solo es necesario suministrar aire presurizado para iniciar el proceso, es decir, durante la fase de inicio de la planta de ácido nítrico, en particular para presurizar el sistema, pero no después de que haya comenzado la producción del gas de cola **5** y no se

requiere un compresor de aire **36**. El gas de cola **5** tiene una presión mayor que P1 y, por lo tanto, se puede usar un primer medio de liberación de presión, tal como el expansor de gas de cola **7**, para reducir la presión de la corriente de gas de cola y proporcionar una corriente de gas de cola con una presión P1. Además, el gas rico en oxígeno **50** y el suministro de un segundo gas que contiene oxígeno **68**, que por lo general tienen una presión igual o mayor que P1 y hasta P2, proporcionan oxígeno al convertidor de amoníaco **37** y a la torre de absorción **41**, respectivamente, de modo que, en ausencia del aire primario y secundario proporcionado por el compresor de aire **36**, la concentración de oxígeno en el convertidor de amoníaco **37** y en la torre de absorción **41** es similar y se puede controlar de manera similar a la de una planta de ácido nítrico de doble presión estándar.

En ausencia de un compresor de aire **36** y con la corriente de gas de cola **10** que recircula en el sistema, no solo se reduce la demanda de energía del sistema, sino que también se reducen las emisiones de NO_x que salen del sistema. Por lo tanto, el tamaño de la unidad de tratamiento para tratar esas emisiones de NO_x se reduce con respecto al tamaño en la correspondiente planta de ácido nítrico de doble presión estándar.

En una forma de realización de acuerdo con la planta de producción de la divulgación, el sistema comprende además uno o más de:

- una turbina de vapor **51**, en donde la turbina de vapor puede alimentar al menos parcialmente el compresor de gas NO_x **40**;
- un intercambiador de calor **79** para intercambiar calor entre el primer gas de cola expandido **64** y una corriente de gas de cola más fría, particularmente en donde el primer gas de cola expandido **64** sale del intercambiador de calor **79** a una temperatura por debajo de 300 °C, y en donde el primer gas de cola expandido **64** corriente abajo del intercambiador de calor **79** está en comunicación fluida directa con el medio para dividir **55**. Dicho de otra manera, el gas de cola expandido **64** intercambia calor con el gas de cola **5** en el intercambiador de calor **79** y, particularmente, sale del intercambiador de calor **79** a una temperatura por debajo de 300 °C, en donde el gas de cola expandido **64** que intercambié calor con el gas de cola **5** es la corriente de gas de cola dividida por el medio para dividir **55** corriente abajo del intercambiador de calor **79**;
- una unidad de tratamiento de De-NO_x **70**, particularmente ubicada en una corriente de gas de cola corriente abajo de la torre de absorción **41**; y
- un segundo medio de liberación de presión **60** para expandir la segunda

corriente de gas de cola **80** a presión atmosférica, para producir un segundo gas de cola expandido **69**. Dicho medio de liberación de presión **60** puede ser cualquier medio adecuado para reducir la presión de la segunda corriente de gas de cola **80**, en particular al expandir la segunda corriente de gas de cola **80**. Tal medio es, por ejemplo, una válvula de liberación de presión o un expansor de gas.

Ventajosamente, el medio para dividir **55** está ubicado corriente abajo del sistema de intercambio de calor **43**. En efecto, tanto la primera corriente de gas de cola **10** como la segunda corriente de gas de cola **80** están entonces a una temperatura óptima. En particular, esto significa que la primera corriente de gas de cola **10** está a una temperatura por debajo de 300 °C, de modo que la primera corriente de gas de cola **10** se puede alimentar al convertidor de amoníaco **37** sin necesidad de ajustar la cantidad de amoníaco alimentada mediante la corriente **32**, para mantener la temperatura en el rango de 800 a 950 °C en el convertidor de amoníaco **37**, la temperatura a la cual el convertidor de amoníaco **37** es operable. Además, la ubicación del medio para dividir **55** en esta ubicación confiere a la segunda corriente de gas de cola **80** una temperatura óptima para expandirse en el medio de liberación de presión **60**, en particular un expansor de gas de cola, tal como para proporcionar una cantidad óptima de energía que se pueda usar para alimentar el compresor de gas NO_x **40**. Además, la presencia de una turbina de vapor **51** permite la recuperación del calor del vapor producido en el convertidor de amoníaco **37** y este calor recuperado se puede usar, al menos parcialmente, para alimentar el compresor de gas NO_x **40**. Finalmente, el uso de la turbina de vapor **51** contribuye a hacer funcionar la planta de producción de manera eficiente desde el punto de vista energético.

En particular, el gas de cola **5** se calienta en un intercambiador de calor **67** del sistema de intercambio de calor **43** y luego en el intercambiador de calor **79**, de una temperatura que varía de 20 a 250 °C, a una temperatura que varía de 100 a 450 °C. Posteriormente, el gas de cola que sale del intercambiador de calor **79** se calienta en el sistema de intercambio de calor **43** hasta una temperatura que varía de 200 a 550 °C. El gas de cola que sale del intercambiador de calor **79** está entonces a una temperatura óptima para tratarse en la unidad de tratamiento de De-NO_x **70** y, por lo tanto, la unidad de tratamiento de De-NO_x **70** se ubica entre el intercambiador de calor **79** y el sistema de intercambio de calor **43**. La persona del oficio de nivel medio seleccionará sin dificultad la ubicación adecuada para la unidad de tratamiento de De-NO_x **70**, de modo que la temperatura de funcionamiento de la unidad de tratamiento de

De-NO_x **70** sea acorde a la temperatura de la correspondiente corriente de gas de cola.

En una forma de realización de acuerdo con la planta de producción de la divulgación, el sistema comprende además un blanqueador **62** para blanquear la corriente de ácido nítrico crudo que contiene gas NO_x residual **27**, para proporcionar una corriente de ácido nítrico blanqueado **75**, en donde el blanqueador tiene una entrada **81** para un gas blanqueador rico en oxígeno **72**, en particular en donde la entrada **81** está en comunicación fluida con un electrolizador de agua de alta presión **63** y una salida **73** para los gases residuales del blanqueador **77**. Se entiende que el blanqueador **62** comprende además una entrada para la corriente de ácido nítrico crudo que contiene gas NO_x residual y una salida para el ácido nítrico blanqueado. Los gases blanqueadores o gases residuales **77** están en comunicación fluida con cualquier corriente de gas corriente abajo del convertidor de amoníaco **37** y corriente arriba del compresor de gas NO_x **40** si el blanqueador **62** funciona a una presión mayor que P1 y hasta igual a P2 (Figura 2B), o en comunicación fluida con cualquier corriente corriente abajo del compresor de gas NO_x **40** si el blanqueador **62** funciona a una presión igual o mayor que P2 (Figura 2D), de modo que el suministro o fuente del segundo gas que contiene oxígeno **68**, **72**, **77** proviene al menos parcialmente de los gases residuales **77**.

Cuando se blanquea la corriente de ácido nítrico crudo que contiene gas NO_x residual **27**, se reducen las cantidades de gases NO_x y de ácido nitroso HNO₂ en la solución de ácido nítrico. Esto, a su vez, da como resultado una menor emisión de humos marrones provenientes de la solución de ácido nítrico. Además, la solución de ácido nítrico proporcionada por el blanqueador tiene una mayor calidad, es decir, es más pura.

Convenientemente, cuando se blanquea la corriente de ácido nítrico crudo que contiene gas NO_x residual **27**, los gases blanqueadores o gases residuales **77** corresponden al segundo gas que contiene oxígeno (o al gas rico en oxígeno suministrado por el suministro **68**) que tiene una presión mayor que P1 y hasta P2 (Figura 2B) o que tiene una presión mayor que P2 (Figura 2D): el suministro del gas rico en oxígeno que tiene una presión mayor que P1 y hasta P2 (Figura 2B) o mayor que P2 (Figura 2D), en particular el segundo gas que contiene oxígeno, se obtiene mediante el blanqueador **62**, como los gases residuales del blanqueador **77**, y no se requiere ninguna fuente de oxígeno separada.

En una forma de realización de acuerdo con la planta de producción de la

divulgación, parte del gas rico en oxígeno **50** o parte del primer gas que contiene oxígeno **56** o parte del gas de cola **5**, tal como parte de una corriente de gas de cola **83, 84**, está en comunicación fluida con la entrada **81** del blanqueador **62**, de modo que el gas blanqueador rico en oxígeno o gas de extracción **72** es proporcionado al menos parcialmente por parte del gas rico en oxígeno **50** o parte del gas que contiene oxígeno **56** o parte del gas de cola **5**, tal como parte de una corriente de gas de cola **83, 84**.

Si está presente un blanqueador **62**, al no alimentarse aire secundario mediante un compresor de aire (**36** en la planta de ácido nítrico estándar) al blanqueador **62**, el blanqueador **62** puede alimentarse convenientemente mediante el gas rico en oxígeno **50**. Además, una vez producido y recirculado el gas de cola **5**, el primer gas que contiene oxígeno **56** o parte de una corriente de gas de cola puede alimentarse al blanqueador **62**: la concentración de gases NO_x en el gas que contiene oxígeno **56** o en el gas de cola **5** es lo suficientemente baja como para que el blanqueo en el blanqueador **62** siga siendo suficientemente eficaz.

En particular, el sistema comprende además un medio para presurizar **78** el gas rico en oxígeno **50** o el primer gas que contiene oxígeno **56** o el gas de cola **5**, cuando se usa como gas de extracción en el blanqueador, a una presión igual o mayor que P_2 , de modo que el blanqueador **62** sea un blanqueador de alta presión, es decir, un blanqueador que funciona a una presión que varía de más de 6 bara y hasta 16 bara (Figura 2D). Ese medio para presurizar **78** puede ser, por ejemplo, un compresor de gas.

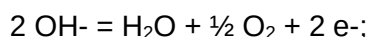
En una forma de realización de acuerdo con la planta de producción de la divulgación, el sistema comprende además una corriente de un segundo gas rico en oxígeno **74** en comunicación fluida directa con cualquier corriente de gas de cola corriente abajo de la torre de absorción **41**. Más en particular, el sistema comprende además una corriente de un gas rico en oxígeno presurizado en comunicación fluida directa con cualquier corriente de gas de cola corriente arriba del primer medio de liberación de presión **7**.

La alimentación de una corriente de un segundo gas rico en oxígeno **74** permite reducir la cantidad del primer gas rico en oxígeno **50** que debe proporcionarse a la unidad de mezcla **35**. En particular, la corriente del segundo gas rico en oxígeno **74** se puede alimentar corriente abajo del intercambiador de calor **43** y corriente arriba del primer medio de liberación de presión **7**, lo que permite exportar más energía desde el primer medio de liberación de presión, por ejemplo, desde el expansor de gas de cola

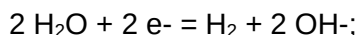
7.

En una forma de realización de acuerdo con la planta de producción de la divulgación, el primer gas rico en oxígeno **50**, el segundo gas que contiene oxígeno **68, 72, 77**, la corriente del segundo gas rico en oxígeno **74**, que está particularmente en comunicación fluida con cualquier corriente de gas de cola corriente abajo de la torre de absorción **41**, y el gas blanqueador rico en oxígeno **72** y los gases residuales **77** son todos proporcionados al menos parcialmente por un electrolizador de agua **63**, en particular un electrolizador de agua de alta presión **63**.

Un electrolizador de agua es un dispositivo para la electrólisis del agua, es decir, la descomposición del agua en oxígeno y gas hidrógeno, debido al paso de una corriente eléctrica a través de ella. Esta técnica se puede usar para producir gas hidrógeno, un componente principal del combustible de hidrógeno, y gas oxígeno. Un electrolizador de agua de alta presión adecuado puede comprender un ánodo que produce gas oxígeno de acuerdo con la reacción



un cátodo, que produce gas hidrógeno de acuerdo con la reacción



un electrolito que consiste en una solución alcalina, tal como hidróxido de potasio; y un diafragma poroso que separa el ánodo y el cátodo, para evitar la mezcla de gas hidrógeno y gas oxígeno que juntos forman una mezcla explosiva. Alternativamente, el ánodo y el cátodo pueden estar separados por un electrolito de polímero sólido, tal como el fluoropolímero Nafion, donde el electrolito proporciona el transporte selectivo de protones desde el ánodo al cátodo, así como el aislamiento eléctrico entre el ánodo y el cátodo, y evita la mezcla de gas hidrógeno y gas oxígeno que juntos forman una mezcla explosiva.

El ánodo y el cátodo pueden estar hechos de níquel o acero, o mezclas de estos. Alternativamente, con el fin de mejorar las reacciones del electrodo, el ánodo y el cátodo pueden contener catalizadores que pueden estar hechos de iridio y platino, respectivamente. El diafragma de un material eléctricamente aislante está basado, por ejemplo, en circonio. El diafragma tiene una porosidad tal que forma una barrera contra el transporte de burbujas de gas hidrógeno y oxígeno, al tiempo que contiene una continuidad de electrolito líquido penetrado. Un ensamblaje de ánodo-diafragma-cátodo constituye una célula de electrólisis. Las células de electrólisis se apilan en serie en pilas que componen el núcleo de un electrolizador. La producción de hidrógeno y oxígeno para un determinado volumen de apilamiento es proporcional a la

densidad de corriente e inversamente proporcional a la distancia de apilamiento. Independientemente del volumen de apilamiento, la producción de hidrógeno y oxígeno es proporcional a la corriente total. Además de la pila, el electrolizador comprende elementos auxiliares, tales como un rectificador de corriente, una unidad de desmineralización de agua, una bomba de agua y un sistema de enfriamiento, una unidad de purificación de hidrógeno e instrumentos.

El electrolizador funciona mediante la aplicación de una tensión correspondiente al potencial estándar más el sobrepotencial sobre cada célula. La tensión total depende de la cantidad total de células que comprende el electrolizador. Los iones OH⁻ generados en el cátodo migran a través del electrolito en el diafragma hasta el ánodo, donde son consumidos por la reacción del ánodo. Los electrones viajan en sentido contrario en un circuito externo. El electrolizador puede funcionar a una temperatura de 50 a 80 °C, o de 60 a 80 °C, y a una presión de gas de 2 bara, preferentemente de 9 a 30 bara, como un electrolizador de agua de alta presión, incluso con mayor preferencia de 15 a 30 bara.

Por lo tanto, un electrolizador de agua de alta presión da como resultado la producción de hidrógeno presurizado en el cátodo y oxígeno presurizado en el ánodo, tal como con una presión de 9 a 30 bara, incluso con mayor preferencia una presión de 15 a 30 bara. Lo que se necesita para llevar a cabo la electrólisis de alta presión es presurizar el agua utilizada en el proceso de electrólisis. Dado que presurizar agua requiere menos energía que presurizar un gas, el uso de un electrolizador de agua de alta presión da como resultado la producción de gas rico en oxígeno presurizado con un consumo de energía mínimo.

Convenientemente, el electrolizador de agua **63** proporciona oxígeno a todos los diversos puntos donde se debe alimentar oxígeno. En particular, el suministro de oxígeno del electrolizador **63**, es suficiente para proporcionar todo el oxígeno del primer gas rico en oxígeno, el segundo gas rico en oxígeno **74**, el segundo gas que contiene oxígeno **68**, el gas blanqueador rico en oxígeno **72** y los gases residuales **77**. De este modo, el sistema se simplifica y comprende una única fuente de oxígeno a partir de la cual se pueden producir diferentes corrientes de gas que contienen oxígeno. En particular, las corrientes de gas que contienen oxígeno se pueden producir a la presión deseada, mediante el uso de medios de ajuste de presión estándar. El uso de un electrolizador de alta presión operable a una presión de 9 a 30 bara es particularmente útil como fuente de gas oxígeno que se debe suministrar a un blanqueador que funciona a una presión mayor que P2.

Otra ventaja de la presencia de un electrolizador de agua de alta presión reside en la posibilidad de, paralelamente a la producción de gas oxígeno que se puede usar en la producción de ácido nítrico, también producir gas hidrógeno. Tal gas hidrógeno se produce de manera ecológica, es decir, sin el uso convencional de gas natural, lo que da como resultado la producción de dióxido de carbono, un gas de efecto invernadero. Luego, el gas hidrógeno se puede usar en la producción de amoníaco en un proceso Haber-Bosch, también denominado convencionalmente unidad de gas de síntesis. Por lo tanto, el electrolizador de agua de alta presión permite la integración de los procesos de producción de amoníaco y ácido nítrico.

En una forma de realización de acuerdo con la planta de producción de la divulgación, la comunicación fluida entre la fuente de aire presurizado **65**, para presurizar el sistema durante la fase de inicio, y el sistema está en comunicación fluida directa con el primer gas rico en oxígeno **50**, particularmente que tiene una presión P1.

Se prefiere introducir el aire presurizado **65** en el inicio en la corriente de gas de cola en comunicación fluida directa con el gas rico en oxígeno **50**. De esta manera, tras hacer funcionar el compresor de NO_x **40** durante el inicio del sistema, se garantiza que el aire fluya a través del convertidor **37** cuando se alimenta el amoníaco **32** al convertidor **37**, de modo que existe una concentración de oxígeno suficiente para convertir el amoníaco en óxido nítrico. Posteriormente, inducido el proceso de ácido nítrico, se produce el gas de cola **5** y la primera corriente de gas de cola **10** se puede recircular a la unidad de mezcla **35**, tras alimentar el gas rico en oxígeno **50**.

Método para producir ácido nítrico

Se hace referencia a las Figuras 2A, 2B, 2C y 2D. En un aspecto de la divulgación, se divulga un método para producir ácido nítrico con un consumo de energía reducido y emisiones reducidas, en una planta de producción de acuerdo con la planta de producción de la divulgación. El método comprende las etapas de

a) preferentemente, presurizar el sistema al suministrar el aire presurizado **65** en el sistema;

b) preferentemente, hacer funcionar el compresor de gas NO_x **40** o el primer medio de liberación de presión (por ejemplo, expansor de gas de cola) **7** mediante el uso de energía externa, lo que induce un flujo de aire presurizado en el sistema y presurizar adicionalmente el sistema a una presión P2 corriente abajo del compresor de gas NO_x **40**;

c) suministrar la corriente de gas amoníaco **32** y un primer gas que contiene oxígeno al aparato de mezcla **35**, lo que produce la mezcla de gas que contiene

amoníaco/oxígeno **14**;

d) oxidar el amoníaco en la mezcla de gas que contiene amoníaco/oxígeno **14** en el convertidor de amoníaco **37**, a una presión igual o mayor que P1 y menor que P2, en particular a una presión P1, particularmente a una temperatura que varía de 800 a 950 °C, lo que produce la mezcla gaseosa de gas NO_x/vapor **15**, que comprende agua y óxido nítrico;

e) enfriar el gas NO_x de la mezcla gaseosa de gas NO_x/vapor **15** en el sistema de intercambio de calor **43** y en el primer enfriador/condensador de gas **38**, lo que produce una mezcla de ácido nítrico acuosa diluida **17** y una corriente gaseosa de NO_x **22**;

f) comprimir la corriente gaseosa de NO_x **22** en el compresor de gas NO_x **40**, lo que proporciona la corriente de gas NO_x comprimida presurizada **24** que tiene una presión P2;

g) absorber la corriente gaseosa comprimida de NO_x **24** en la torre de absorción **41**, lo que proporciona la corriente de ácido nítrico crudo que contiene gas NO_x residual **27** y el gas de cola **5** que comprende gases NO_x;

h) calentar el gas de cola **5** en el sistema de intercambio de calor **43**, en donde el calor de la mezcla de gas NO_x/vapor **15** proviene del convertidor de amoníaco **37**, particularmente a una temperatura que varía de 150 a 650 °C;

i) enfriar la corriente de gas NO_x comprimida **24** en un segundo enfriador/condensador de gas **39**, lo que proporciona una corriente de gas NO_x comprimida **24**, particularmente que tiene una temperatura que varía de 20 a 60 °C; y

j) expandir al menos parte del gas de cola **5** obtenido en la etapa h) en un primer medio de liberación de presión (por ejemplo, un expansor de gas de cola **7**), lo que proporciona un primer gas de cola expandido **64**.

El método se caracteriza porque comprende además las etapas de

k) en particular, dividir una corriente de gas de cola con un primer medio para dividir **55** en una primera corriente de gas de cola **10** y una segunda corriente de gas de cola **80**, y mezclar la primera corriente de gas de cola **10** con el (primer) gas rico en oxígeno **50**, lo que proporciona el primer gas que contiene oxígeno **56**;

l) opcionalmente, medir la concentración de oxígeno en el primer gas que contiene oxígeno **56**;

m) ajustar el flujo del primer gas rico en oxígeno **50** (por ejemplo, que tiene una presión P2) que se mezcla en la etapa k), o el flujo del gas amoníaco, de modo que la

relación molar de oxígeno con respecto a amoníaco en la entrada del convertidor de amoníaco **37** sea de al menos 1,2 o 1,25, tal como entre 1,2 y 9, entre 1,25 y 9 o entre 1,3 y 9; o dicho de otro modo, de modo que la relación molar de oxígeno con respecto a amoníaco dentro del convertidor de amoníaco **37** se mantenga en una relación de al menos 1,2 o 1,25, tal como que varía de 1,2 a 9, de 1,25 a 9 o de 1,3 a 9, particularmente si la concentración de oxígeno medida en la etapa l) es tal que la relación molar de oxígeno con respecto a amoníaco en el convertidor de amoníaco **37** es menor de 1,2 o 1,25;

n) opcionalmente, medir la temperatura en el convertidor de amoníaco **37**;

o) opcionalmente, ajustar el volumen de gas que se mezcla en la etapa k) o la corriente de gas amoníaco **32** suministrada en la etapa d), si la temperatura medida en la etapa n) está fuera del rango de 800-950 °C, de modo que la temperatura en el convertidor de amoníaco se mantenga en el rango de 800-950 °C;

p) opcionalmente, medir la concentración de oxígeno en el gas de cola **5** corriente abajo de la torre de absorción **41**;

q) ajustar el flujo o suministro del segundo gas que contiene oxígeno **68, 72, 77**, particularmente a una presión igual o mayor que P1 y hasta P2 corriente arriba del compresor de gas NO_x **40**, o a una presión mayor que P2 corriente abajo del compresor de gas NO_x **40**, de modo que la concentración de oxígeno en una corriente de gas de cola **5, 10, 64, 69, 80, 83, 84** contenga al menos 0,5 % en volumen de oxígeno, particularmente si la concentración de oxígeno medida en la etapa p) es menor de 0,5 % en volumen de oxígeno.

r) en particular, repetir las etapas c) a q).

Por lo general, P1 varía de 2 a 6 bara y P2 varía de 9 a 16 bara. La persona del oficio de nivel medio determinará la concentración de oxígeno óptima en los gases que entran en el convertidor de amoníaco **37** y en la torre de absorción **41**, para que la conversión catalítica del amoníaco en óxido nítrico se produzca de manera óptima en el convertidor de amoníaco **37** y para que la absorción de los gases NO_x en la torre de absorción **41** se produzca de manera óptima. Además, tras determinar el contenido de oxígeno que sale de la torre de absorción **41**, también ponderará los beneficios de aumentar el contenido de oxígeno en la torre de absorción **41**, tal como una reducción del tamaño de la torre debido a la mejora de la absorción, frente al inconveniente de un mayor volumen de gas corriente abajo de la torre de absorción **41**, lo que implica equipos, tales como intercambiadores de calor, de mayor tamaño, para calentar el gas de cola.

En particular, la corriente gaseosa de NO_x **22** o la corriente de gas NO_x comprimida **24** intercambia calor con el gas de cola **5**. En particular, la corriente gaseosa de NO_x **22** o la corriente de gas NO_x comprimida **24** intercambia calor con el gas de cola **5**.

Los inventores descubrieron que, en lugar de suministrar continuamente aire comprimido **34** proporcionado por un compresor de aire **36** a la unidad de mezcla **35**, es posible recircular la primera corriente de gas de cola **10** a una presión P1, en particular durante el funcionamiento continuo de la planta de ácido nítrico. Por lo tanto, solo es necesario suministrar aire presurizado o comprimido para iniciar el proceso, es decir, durante la fase de inicio de la planta de ácido nítrico, para presurizar el sistema, pero no después de que haya comenzado la producción del gas de cola **5** durante la fase o modo de funcionamiento continuo de la planta de ácido nítrico, y no se requiere un compresor de aire **36**. El gas de cola **5** tiene una presión mayor que P1 y, por lo tanto, se puede usar un primer medio de liberación de presión **7**, tal como un expansor de gas de cola, para proporcionar una corriente de gas de cola de presión P1. Además, el primer gas rico en oxígeno **50** y el segundo gas que contiene oxígeno **68**, que por lo general tienen una presión igual o mayor que P1 y hasta P2, proporcionan oxígeno al convertidor de amoníaco **37** y a la torre de absorción **41**, respectivamente, de modo que, en ausencia del aire primario y secundario proporcionado por el compresor de aire **36**, la concentración de oxígeno en el convertidor de amoníaco **37** y en la torre de absorción **41** es similar a la de una planta de ácido nítrico de doble presión estándar.

En ausencia de un compresor de aire **36** y con la primera corriente de gas de cola **10** que recircula en el sistema, no solo se reduce la demanda de energía del sistema: también se reducen las emisiones de NO_x que salen del sistema. Por lo tanto, el tamaño de la unidad de tratamiento para tratar esas emisiones de NO_x se reduce con respecto al tamaño en la correspondiente planta de ácido nítrico de doble presión estándar.

En una forma de realización de acuerdo con el método de la divulgación, la primera corriente de gas de cola **10** mezclada en la etapa k) se obtiene después de la etapa j), en particular el primer gas de cola expandido **64** se divide en la etapa k), y el método comprende además las etapas de

s) particularmente antes de la etapa k), calentar, en el intercambiador de calor **79**, una corriente de gas de cola que es más fría que el primer gas de cola expandido **64** con el primer gas de cola expandido **64**, lo que lleva al primer gas de cola

expandido a mezclarse en la etapa k a una temperatura por debajo de 300 °C; en particular antes de la etapa k), calentar, en el intercambiador de calor, el gas de cola **5** obtenido en la etapa g) con el primer gas de cola expandido obtenido en la etapa j), lo que lleva al gas de cola a mezclarse en la etapa k) a una temperatura por debajo de 300 °C;

t) tratar una corriente de gas de cola, particularmente la corriente de gas de cola obtenida de/calentada en la etapa s) en la unidad de tratamiento de De-NO_x **70**;

u) expandir la segunda corriente de gas de cola **80** en el segundo medio de liberación de presión **60**, lo que proporciona el segundo gas de cola expandido **69**. El segundo medio de liberación de presión **60** puede ser cualquier medio adecuado para reducir la presión de una corriente de gas, con lo que se expande una corriente de gas, en particular la segunda corriente de gas de cola **80**. Tal medio es, por ejemplo, una válvula de liberación de presión o un expansor de gas; y

v) recuperar al menos parte del vapor generado en el convertidor de amoníaco **37** en la turbina de vapor **51**.

Ventajosamente, el medio para dividir **55** está ubicado corriente abajo del sistema de intercambio de calor **43**. En efecto, tanto la primera corriente de gas de cola **10** como la segunda corriente de gas de cola **80** están entonces a una temperatura óptima. Esto significa que la primera corriente de gas de cola **10** está a una temperatura por debajo de 300 °C, de modo que la primera corriente de gas de cola **10** se puede alimentar al convertidor de amoníaco **37** sin necesidad de ajustar la cantidad de amoníaco alimentada mediante la corriente **32**, para mantener la temperatura en el convertidor de amoníaco en el rango de 800 a 950 °C, la temperatura a la cual el convertidor de amoníaco **37** es operable. Además, la ubicación del medio para dividir **55** en esta ubicación confiere a la segunda corriente de gas de cola **80** una temperatura óptima para expandirse en el medio de liberación de presión **60**, tal como para proporcionar una cantidad óptima de energía que se pueda usar para alimentar el compresor de gas NO_x **40**. Además, la presencia de una turbina de vapor **51** permite la recuperación del calor del vapor producido en el convertidor de amoníaco **37** y este calor recuperado se puede usar, al menos parcialmente, para alimentar el compresor de gas NO_x **40**. Finalmente, el uso de la turbina de vapor **51** contribuye a hacer funcionar la planta de producción de manera eficiente desde el punto de vista energético.

En particular, el gas de cola **5** se calienta en el intercambiador de calor **79**, en particular en un intercambiador de calor **67** del sistema de intercambio de calor **43** y

luego en el intercambiador de calor **79**, de una temperatura que varía de 20 a 250 °C, a una temperatura que varía de 100 a 450 °C. Posteriormente, el gas de cola que sale del intercambiador de calor **79** se calienta en el sistema de intercambio de calor **43**, particularmente en un intercambiador de calor **66** del sistema de intercambio de calor **43**, hasta una temperatura que varía de 200 a 550 °C. El gas de cola que sale del intercambiador de calor **79** está entonces a una temperatura óptima para tratarse en la unidad de tratamiento de De-NO_x **70** y, por lo tanto, la unidad de tratamiento de De-NO_x **70** se ubica entre el intercambiador de calor **79** y el sistema de intercambio de calor **43**. La persona del oficio de nivel medio seleccionará sin dificultad la ubicación adecuada para la unidad de tratamiento de De-NO_x **70**, de modo que la temperatura de funcionamiento de la unidad de tratamiento de De-NO_x **70** sea acorde a la temperatura de la correspondiente corriente de gas de cola.

En una forma de realización de acuerdo con el método de la divulgación, el método comprende además la etapa de w) blanquear la corriente de ácido nítrico crudo que contiene gas NO_x residual **27** en el blanqueador **62**, lo que produce la corriente de ácido nítrico blanqueado **75**.

Cuando se blanquea la corriente de ácido nítrico crudo que contiene gas NO_x residual, se reducen las cantidades de gases NO_x y de ácido nitroso HNO₂ en la solución de ácido nítrico. Esto, a su vez, da como resultado una menor emisión de humos marrones provenientes de la solución de ácido nítrico. Además, la solución de ácido nítrico proporcionada por el blanqueador tiene una mayor calidad, es decir, es más pura.

Convenientemente, cuando se blanquea la corriente de ácido nítrico crudo que contiene gas NO_x residual **27**, los gases blanqueadores o gases residuales **77** corresponden al segundo gas que contiene oxígeno suministrado por el correspondiente suministro o fuente **68** de un gas rico en oxígeno que tiene una presión mayor que P1 y hasta P2 (Figura 2B) o mayor que P2 (Figura 2D): el suministro del segundo gas que contiene oxígeno que tiene una presión mayor que P1 y hasta P2 (Figura 2B) o mayor que P2 (Figura 2D) es el blanqueador **62**, en particular los gases residuales del blanqueador **77**, y no se requiere ninguna fuente de oxígeno separada.

En una forma de realización de acuerdo con el método de la divulgación, el método comprende además la etapa de w1) suministrar parte del primer gas rico en oxígeno **50** o parte del primer gas que contiene oxígeno **56** obtenido en la etapa k) o parte de la corriente de gas de cola **5**, **83**, **84**, tal como la obtenida en la etapa g), al

blanqueador **62** en la etapa w).

Si está presente un blanqueador **62**, es decir, si se realiza tal etapa de blanqueo, al no alimentarse aire secundario mediante un compresor de aire (**36** en la planta de ácido nítrico estándar) al blanqueador **62**, el blanqueador **62** puede alimentarse convenientemente mediante el gas rico en oxígeno **50**. Además, una vez producido y recirculado el gas de cola **5**, el primer gas que contiene oxígeno **56** o parte de la corriente de gas de cola puede alimentarse al blanqueador **62**: la concentración de gases NO_x en el primer gas que contiene oxígeno **56** o en el gas de cola **5** es lo suficientemente baja como para que el blanqueo en el blanqueador **62** siga siendo suficientemente eficaz.

En particular, el método comprende además la etapa de w2) presurizar el primer gas rico en oxígeno **50**, parte de una corriente de gas de cola y/o el primer gas que contiene oxígeno **56** que se suministrará al blanqueador en el medio para presurizar **78**, a una presión igual o mayor que P2, de modo que el blanqueador **62** sea un blanqueador de alta presión, es decir, un blanqueador que funciona a una presión que varía de más de 6 o 9 bara y hasta 16 bara (Figura 2D). Ese medio para presurizar **78** puede ser, por ejemplo, un compresor de gas.

En una forma de realización de acuerdo con el método de la divulgación, el método comprende además la etapa de x) suministrar una corriente de un segundo gas rico en oxígeno o gas que contiene oxígeno **68, 72, 77**, particularmente como una corriente de un gas rico en oxígeno presurizado, a una corriente de gas de cola, particularmente a una corriente de gas de cola corriente arriba del primer medio de liberación de presión **7**. La alimentación de una corriente de un segundo gas rico en oxígeno **74** permite reducir la cantidad del primer gas rico en oxígeno **50** que debe proporcionarse a la unidad de mezcla **35**. En particular, la corriente de un segundo gas rico en oxígeno **74** se puede alimentar corriente abajo del intercambiador de calor **43** y corriente arriba del primer medio de liberación de presión **7**, tal como un expansor de gas de cola, lo que permite exportar más energía desde el primer medio de liberación de presión **7**, tal como un expansor de gas de cola.

En una forma de realización de acuerdo con el método de la divulgación, el método comprende además las etapas de

y) hacer funcionar el electrolizador de agua **63**, lo que produce gas oxígeno, particularmente hacer funcionar un electrolizador de agua de alta presión, lo que produce gas oxígeno presurizado; y

z) proporcionar, a partir del oxígeno producido por el electrolizador de agua **63**

en la etapa y), al menos parte del (primer) gas rico en oxígeno **50**, el segundo gas que contiene oxígeno **68, 72, 77**, el segundo gas rico en oxígeno **74** (particularmente en comunicación fluida con cualquier corriente de gas de cola corriente abajo de la torre de absorción **41**), y el gas blanqueador rico en oxígeno **72** y los gases residuales **77**.

Convenientemente, el electrolizador de agua **63** proporciona oxígeno a todos los diversos puntos donde se debe alimentar oxígeno. En particular, el suministro de oxígeno del electrolizador **63** es suficiente para proporcionar todo el oxígeno del primer gas rico en oxígeno **50**, el segundo gas rico en oxígeno **74**, el segundo gas que contiene oxígeno **68**, el gas blanqueador rico en oxígeno **72** y los gases residuales **77**. De este modo, el sistema se simplifica y puede comprender una única fuente de oxígeno a partir de la cual se pueden producir diferentes corrientes de gas que contienen oxígeno. En particular, las diferentes corrientes que contienen oxígeno se pueden producir a las presiones deseadas, mediante el uso de medios de ajuste de presión estándar. El uso de un electrolizador de alta presión operable a una presión de 9 a 30 bara, preferentemente a una presión de 15 a 30 bara, es particularmente útil como fuente de gas oxígeno que se puede suministrar a un blanqueador que funciona a una presión mayor que P2.

Otra ventaja de la presencia de un electrolizador de agua de alta presión reside en la posibilidad de, paralelamente a la producción de gas oxígeno que se puede usar en la producción de ácido nítrico, también producir gas hidrógeno. Tal gas hidrógeno se produce de manera ecológica, es decir, sin el uso convencional de gas natural, lo que da como resultado la producción de dióxido de carbono, un gas de efecto invernadero. Luego, el gas hidrógeno se puede usar en la producción de amoníaco en un proceso Haber-Bosch, también denominado convencionalmente unidad de gas de síntesis. Por lo tanto, el electrolizador de agua de alta presión permite la integración de los procesos de producción de amoníaco y ácido nítrico. Además, dado que presurizar agua requiere menos energía que presurizar un gas, el uso de un electrolizador de agua de alta presión da como resultado la producción de gas rico en oxígeno presurizado con un consumo de energía mínimo.

En una forma de realización de acuerdo con el método de la divulgación, en la etapa a), el aire presurizado **65**, particularmente que tiene una presión P1, se suministra en la corriente en comunicación fluida directa con el gas rico en oxígeno **50**, particularmente que tiene una presión P2.

Se prefiere introducir el aire presurizado **65** en el inicio en la corriente de gas de cola en comunicación fluida directa con el gas rico en oxígeno **50**. De esta manera,

tras hacer funcionar el medio de presurización y el compresor de NO_x durante el inicio del sistema, se garantiza que el aire fluya a través del convertidor **37** cuando se alimenta el amoníaco **32** al convertidor **37**, de modo que existe una concentración de oxígeno suficiente para convertir el amoníaco en óxido nítrico. Posteriormente, inducido el proceso de ácido nítrico, se produce el gas de cola **5** y la primera corriente de gas de cola **10** y se recircula a la unidad de mezcla **35**, y se mezcla con el primer gas rico en oxígeno **50**.

Uso de la planta de producción de la divulgación

En un aspecto de la divulgación, se divulga el uso de la planta de producción de la divulgación para realizar el método de la divulgación.

Método para modernizar una planta de producción de ácido nítrico

En un aspecto de la divulgación, se divulga un método para modernizar una planta de producción para producir ácido nítrico, en particular para modernizar una planta de producción existente en una planta de producción de acuerdo con la presente divulgación, en donde el sistema o planta de producción existente para producir ácido nítrico comprende:

- un compresor de aire **36** para proporcionar una corriente de aire comprimida **34**;
- un aparato de mezcla **35**, para mezclar la corriente de aire comprimida **34** con una corriente de gas amoníaco **32**, para producir una mezcla de gas que contiene amoníaco/oxígeno **14**;
- preferentemente, un medio para ajustar el suministro de la corriente de gas amoníaco **32** al aparato de mezcla **35**;
- un convertidor de amoníaco **37**, particularmente operable a una presión igual o mayor que P1, pero menor que P2, particularmente operable a una presión P1, para oxidar amoníaco en la mezcla de gas que contiene amoníaco/oxígeno **14**, para producir una mezcla de gas NO_x/vapor **15**, que comprende agua y óxido nítrico;
- preferentemente, un medio para medir la temperatura en el convertidor de amoníaco **37**;
- un primer enfriador/condensador de gas **38**, corriente abajo del convertidor de amoníaco **37**, para producir una mezcla de ácido nítrico acuosa diluida **17** y una corriente gaseosa de NO_x **22**;
- un compresor de gas NO_x **40** para comprimir la corriente gaseosa de NO_x **22**, para producir una corriente de gas NO_x comprimida o presurizada **24** a una presión P2;

- una torre de absorción **41** para absorber los gases NO_x de la corriente de gas NO_x comprimida **24** en agua, para producir una corriente de ácido nítrico crudo que contiene gas NO_x residual **27** y un gas de cola **5** que comprende gases NO_x , que comprende una salida de gas de cola de torre de absorción **6** para evacuar el gas de cola **5**;

- preferentemente, un medio para medir la concentración de oxígeno en el gas de cola **5** en una corriente de gas de cola corriente abajo de la torre de absorción **41**;

- un sistema de intercambio de calor **43** para intercambiar calor entre la mezcla de gas NO_x /vapor **15** y el gas de cola **5**; particularmente para calentar una corriente de gas de cola con el calor de la mezcla de gas NO_x /vapor del convertidor de amoníaco;

- un segundo enfriador/condensador de gas **39** para separar y condensar vapor de la corriente de gas NO_x comprimida **24** ubicada entre el compresor de NO_x y la torre de absorción, particularmente para producir una corriente de gas NO_x comprimida **24** que tiene una temperatura que varía de 20 a 60 °C; y

- un primer medio de liberación de presión o expansor de gas de cola **7** ubicado corriente abajo del sistema de intercambio de calor **43**, para expandir una corriente de gas de cola corriente abajo de la torre de absorción **41**, para producir un primer gas de cola expandido **64**, en donde el primer medio de liberación de presión o expansor de gas de cola **7** puede alimentar al menos parcialmente el compresor de gas NO_x **40**.

El método de modernización comprende las etapas de

- preferentemente, introducir una fuente de aire presurizado **65** en comunicación fluida con la planta de producción, adecuada para presurizar la planta de producción durante el inicio, en particular en donde la fuente de aire presurizado es capaz de proporcionar de 2000 a 19000 m³/h de aire presurizado;

- introducir un suministro o fuente de un gas rico en oxígeno **50**, tal como un electrolizador de agua de alta presión, lo que proporciona parte de un primer gas que contiene oxígeno, corriente arriba y en comunicación fluida con el aparato de mezcla **35**;

- preferentemente, introducir un medio para medir la concentración de oxígeno en el gas que contiene oxígeno **56**;

- preferentemente, introducir un medio para ajustar la concentración de oxígeno en el gas que contiene oxígeno **56**, de modo que la relación molar de oxígeno con respecto a amoníaco en la entrada del convertidor de amoníaco **37** sea de al menos 1,2 o 1,25, particularmente entre 1,2 y 9 o entre 1,25 y 9. Más en particular, se puede introducir un medio para regular la concentración de amoníaco y/o de oxígeno en el

convertidor de amoníaco, particularmente un medio para controlar el flujo del gas rico en oxígeno y/o el flujo del primer gas que contiene oxígeno y/o un medio para controlar el flujo de la corriente de gas amoníaco, para mantener la relación molar de oxígeno con respecto a amoníaco dentro del convertidor de amoníaco en una relación de al menos 1,2 o 1,25, particularmente entre 1,2 y 9, entre 1,25 y 9 o entre 1,3 y 9;

- en particular, introducir un suministro de un segundo gas que contiene oxígeno **68, 72, 77**, que tiene o (i) una presión igual o mayor que P1 y hasta P2 para suministrar oxígeno corriente arriba del compresor de gas NO_x, o bien (ii) una presión mayor que P2, para suministrar oxígeno a la corriente de gas NO_x comprimida, de modo que una corriente de gas de cola **5, 10, 62, 69, 80, 83, 84** contenga al menos 0,5 % en volumen de oxígeno;

- introducir un medio para dividir **55** una corriente de gas de cola corriente abajo de la torre de absorción **41** en una primera corriente de gas de cola **10** y una segunda corriente de gas de cola **80**, en donde la primera corriente de gas de cola está en comunicación fluida con el primer gas rico en oxígeno **50**, en donde la mezcla de la primera corriente de gas de cola y el primer gas rico en oxígeno proporciona el primer gas que contiene oxígeno;

- particularmente, introducir un medio para ajustar la cantidad de gas de cola que se divide en la primera corriente de gas de cola **10** y la segunda corriente de gas de cola **80**; y

- retirar el compresor de aire **36**.

La expresión "gas rico en oxígeno" se usa como se define en otra parte de la presente.

Por lo general, el sistema de intercambio de calor **43** comprende al menos dos intercambiadores de calor **66, 67**. La persona del oficio de nivel medio se dará cuenta de que es posible dividir una corriente de gas de cola dentro del sistema de intercambio de calor, por ejemplo, entre los intercambiadores de calor **66** y **67**. En particular, la planta de producción, tanto antes como después de la modernización, comprende sistemas de intercambio de calor adicionales, de modo que la corriente gaseosa de NO_x **22** o la corriente de gas NO_x comprimida **24** intercambie calor con el gas de cola **5**.

Como se define en la presente, una corriente de gas de cola es cualquier corriente de gas corriente abajo de la torre de absorción, tal como ubicada entre la torre de absorción **41** y el punto de comunicación entre o mezcla de la primera corriente de gas de cola **10** y el (primer) gas rico en oxígeno **50**.

Como se define la presente, un medio para dividir es cualquier medio adecuado para dividir una corriente de gas de cola, tal como para generar una primera corriente de gas de cola **10** y una segunda corriente de gas de cola **80**. En particular, el medio para dividir es una conexión en T que tiene una entrada y dos salidas, de modo que un gas que fluye a través de la entrada de la conexión en T se divide en dos corrientes de gas de idéntica composición química. Como se define en la presente, un medio de liberación de presión es cualquier medio adecuado para reducir la presión de una corriente de gas, tal como una corriente de gas de cola. En particular, el medio de liberación de presión puede ser un expansor de gas o un eyector de gas. Un eyector de gas proporciona los beneficios de un equipo simplificado, en donde la mezcla de diferentes corrientes de gas se combina con la reducción de la presión del gas de cola. Por ejemplo, una corriente de gas de cola, procesada por medio del eyector de gas, puede actuar como gas motriz, y un segundo gas alimentado al eyector puede ser, por ejemplo, aire ambiente a una presión (por ejemplo, presión atmosférica) menor que la corriente de gas de cola como gas motriz. En particular, se puede alimentar una corriente de gas de cola como gas motriz a un eyector de gas, y un segundo gas alimentado al eyector es gas oxígeno a una presión menor que la corriente de gas de cola como gas motriz. En este contexto, tanto la alimentación de aire u oxígeno a través del eyector de gas contribuye a aumentar la concentración en la primera corriente de gas de cola **10** y/o una corriente de gas de cola **83, 84** adicional que se recicla, lo que reduce la demanda del gas rico en oxígeno **50**. En particular, se alimenta una corriente de gas de cola como gas motriz al eyector y el segundo gas alimentado al eyector es la mezcla de gas NOx/vapor **15** o la corriente gaseosa de NOx **22**.

La persona del oficio de nivel medio se dará cuenta de que el medio para dividir se puede incorporar dentro del (primer) medio de liberación de presión, siempre que el (primer) medio de liberación de presión incluya al menos dos salidas para la corriente de gas que se despresuriza, en particular una salida para la primera corriente de gas de cola **10** y otra salida para la segunda corriente de gas de cola **80**.

Como se define en la presente, un medio para ajustar la cantidad de gas de cola que se divide en la primera corriente de gas de cola **10** y la segunda corriente de gas de cola **80**, es cualquier medio para controlar la división en el medio para dividir **55**. En particular, el medio para dividir **55** es una conexión en T como se describió anteriormente y el medio para ajustar puede ser un orificio o un álabe guía o una válvula de control de flujo en una o ambas de las salidas de la conexión en T. Incluso

más en particular, el medio puede ser un sistema de control de proceso integrado, en el que la temperatura en el convertidor de amoníaco **37** se determina a través de un medio para medir la temperatura. La temperatura en el convertidor de amoníaco **37** luego se usa para controlar un medio de control de flujo en el medio para dividir **55**, lo que controla la división de la corriente de gas de cola, a fin de que la temperatura medida se mantenga en el rango de 800-950 °C.

Como se define en la presente, un medio para ajustar la concentración de oxígeno es cualquier medio adecuado para regular la cantidad de oxígeno que se debe introducir en el sistema a partir de una medición de la concentración de oxígeno, tal como mediante el uso de un medio para medir la concentración de oxígeno. La concentración de oxígeno se puede determinar, por ejemplo, a partir de una medición en la fase gaseosa mediante el uso de un analizador de gases de proceso. La concentración de oxígeno también se puede determinar a partir del cálculo mediante el uso de la concentración de la fuente de oxígeno que se introduce en el sistema, en particular la concentración de oxígeno del gas rico en oxígeno, el flujo al que la fuente de oxígeno, en particular el gas rico en oxígeno, se introduce en el sistema, particularmente el flujo al que la corriente de gas amoníaco se introduce en el sistema y los valores de flujo relativos de los gases con los que se mezcla la fuente de oxígeno; en particular los valores de flujo relativos a los que se mezclan el gas rico en oxígeno y la corriente de gas amoníaco. Mediante el uso de la concentración de oxígeno, se determina, a su vez, el flujo pertinente de oxígeno que se debe introducir en el sistema y se usa para controlar el flujo de oxígeno, de una fuente gaseosa de oxígeno a una concentración predeterminada. El control del flujo de oxígeno gaseoso se puede lograr, por ejemplo, mediante válvulas de control de flujo. En este contexto, como se define en la presente, un medio para regular la concentración de amoníaco y/o de oxígeno es cualquier medio adecuado para alcanzar una concentración diana de amoníaco y/o de oxígeno. En particular, tal medio es un medio de control de flujo de gas, en particular una válvula de control de flujo o un orificio o un álabe de guía, para controlar el flujo del gas rico en oxígeno y/o la corriente de gas amoníaco. En particular, el medio es un sistema de control de proceso integrado, en el que se mide la concentración de oxígeno, y, de este modo, se determina y se logra el flujo diana o flujo pertinente de oxígeno a partir del control del flujo del primer gas rico en oxígeno, de una fuente gaseosa de oxígeno a una concentración predeterminada.

La persona del oficio de nivel medio determinará la concentración de oxígeno óptima en los gases que entran en el convertidor de amoníaco **37** y en la torre de

absorción **41**, para que la conversión catalítica del amoníaco en óxido nítrico se produzca de manera óptima en el convertidor de amoníaco **37** y para que la absorción de los gases NO_x en la torre de absorción **41** se produzca de manera óptima. Además, tras determinar el contenido de oxígeno que sale de la torre de absorción **41**, también ponderará los beneficios de aumentar el contenido de oxígeno en la torre de absorción **41**, frente al inconveniente de un mayor volumen de gas corriente abajo de la torre de absorción **41**, lo que implica equipos, tales como intercambiadores de calor, de mayor tamaño, para calentar el gas de cola.

Como se define en la presente, un medio para medir la temperatura es cualquier medio adecuado para medir e indicar la temperatura en el quemador de oxidación de amoníaco. En particular, el medio para medir la temperatura es un termopar o un termómetro adecuado para medir e indicar una temperatura que varía hasta $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$. Más en particular, el medio para medir la temperatura es un termómetro infrarrojo para medir e indicar una temperatura que varía hasta $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Ejemplos

1. Recirculación de gas de cola a 99,3 %

Se hace referencia a la Figura 2A. El amoníaco**32** se mezcló con el aire presurizado **65** en un aparato de mezcla**35**. La mezcla de amoníaco/aire comprimido resultante **14** se alimentó a un convertidor de amoníaco **37**, a una temperatura que variaba de 800 a $950\text{ }^{\circ}\text{C}$ y que funcionaba a una presión de 5,4 bara. La relación molar de oxígeno con respecto a amoníaco en la entrada del convertidor de amoníaco **37** era de al menos 1,25. En el convertidor de amoníaco **37**, el amoníaco se oxidó sobre un catalizador de platino/rodio mixto, de lo que se obtuvo una mezcla de gas NO_x /vapor de baja presión **15**, que comprendía agua y óxido nítrico (NO). El calor de la mezcla que salía del convertidor de amoníaco se recuperó, lo que produjo vapor que se suministró a una turbina de vapor **51** y que también se exportó a una red y se usó para calentar el gas de cola **5**, como se describirá a continuación. La mezcla de gas NO_x /vapor se enfrió posteriormente en un enfriador/condensador de gas **38** hasta una temperatura en la que el agua se condensa, y una mezcla de ácido nítrico acuosa diluida **17** se separó de una corriente gaseosa de NO_x **22**. La mezcla de ácido nítrico acuosa diluida **17** se envió a la torre de absorción **41**. La corriente gaseosa de NO_x **22** se oxidó además para convertir adicionalmente el NO a NO_2 y N_2O_4 . La corriente gaseosa de NO_x **22** luego se comprimió en el compresor de gas NO_x **40** a una presión de 12 bara, lo que produjo la corriente gaseosa de NO_x presurizada **24**. La corriente gaseosa de NO_x presurizada **24** se enfrió en un segundo enfriador/condensador de

gas **39** y también se envió a la torre de absorción **41**. Dentro de la torre de absorción **41**, el gas NO_x reaccionó con agua para producir el gas de cola **5** y una corriente de ácido nítrico crudo que también contiene gas NO_x residual, que se alimentó posteriormente a un blanqueador **62**. El contenido de oxígeno en el gas de cola **5** se mantuvo en 3 % mediante el uso de los gases residuales **77** de un blanqueador **62** que se suministraron corriente abajo del convertidor de amoníaco **37** y corriente arriba del compresor de gas NO_x **40**. El gas de cola **5** se calentó consecutivamente en un intercambiador de calor **79**, se trató en una unidad de De- NO_x **70** y se calentó mediante la corriente gaseosa de NO_x **15** en el sistema de intercambio de calor **43** hasta 500 °C, lo que produjo una corriente de gas de cola calentada. La corriente de gas de cola calentada se expandió en un expansor de gas de cola **7**, lo que produjo un gas de cola expandido **64**. El gas de cola expandido **64** se usó para calentar el gas de cola **5** en el intercambiador de calor **7** y posteriormente se dividió, en un tubo en T **55**, en una primera corriente de gas de cola **10** que representa 99,3 % del gas de cola expandido **64** y una segunda corriente de gas de cola **80**. El primer gas de cola **10** luego se mezcló con el gas rico en oxígeno **50** que tenía una presión de 7 bara, lo que proporciona un gas que contiene oxígeno **56** en ausencia de suministro de aire presurizado **34** adicional, de modo que, durante el funcionamiento continuo adicional, se produjo el gas de cola **5**, en ausencia de un compresor de aire, se calentó, se expandió y se dividió y se recirculó al convertidor de amoníaco **37**, junto con un gas rico en oxígeno **50**. La cantidad del gas rico en oxígeno **50** alimentada al proceso se controló para garantizar que se midiera la relación molar de oxígeno con respecto a amoníaco en la entrada del convertidor de amoníaco **37** y, en caso de que fuera menor de 1,25, se ajustó la cantidad del gas rico en oxígeno **50**, de modo que la relación molar de oxígeno con respecto a amoníaco en la entrada del convertidor de amoníaco **37** fuera de al menos 1,25. Se midió la temperatura dentro del convertidor de amoníaco **37** y se estableció que se mantuvo en el rango de 800 a 950 °C. El 0,7 % residual de la segunda corriente de gas de cola **80** se envió a un expansor de gas de cola adicional **60**. El gas NO_x residual de la corriente de ácido nítrico crudo **27** luego se extrajo con un medio gaseoso **72**, tal como un gas que contiene oxígeno o aire, dentro de la unidad de blanqueador **62**, que funciona a aproximadamente la misma presión que el convertidor de amoníaco de 5,4 bara. La potencia motriz tanto del compresor de aire **36** como del compresor de NO_x **40** se originó a partir del expansor de gas de cola **7**, el expansor de gas de cola adicional **60** y la turbina de vapor **51**. La potencia neta asociada con el compresor de gas NO_x **40**, el expansor de gas de cola **7** y el

expansor de gas de cola adicional **60** fue de 8 kWh/t 100 % HNO₃. Esta potencia se produjo mediante la turbina de vapor **51** o se proporcionó mediante un motor eléctrico. La exportación de vapor específica ascendió hasta 1100 a 1.300 kg/t de ácido nítrico.

2. Ejemplo comparativo: sin recirculación de gas de cola

Se hace referencia a la Figura 1. El amoníaco **32** se mezcló con el aire comprimido **34** en un aparato de mezcla **35**. La relación de oxígeno con respecto a amoníaco en la entrada del convertidor de amoníaco **37** era de al menos 1,25. En el convertidor de amoníaco **37**, el amoníaco en la mezcla del amoníaco **32** y el aire comprimido **34** se oxidó, a una presión de 5,4 bara, sobre un catalizador de platino/rodio mixto, de lo que se obtuvo una mezcla de gas NO_x/vapor de baja presión **15**, que comprendía agua y óxido nítrico (NO). El calor de la mezcla que salía del convertidor de amoníaco se recuperó para suministrar la turbina de vapor **51** y también se exportó a una red y se usó para calentar el gas de cola **5**, como se describirá a continuación. La mezcla de gas NO_x/vapor se enfrió posteriormente en un enfriador/condensador de gas **38** hasta una temperatura en la que el agua se condensa, y una mezcla de ácido nítrico acuosa diluida **17** se separó de una corriente gaseosa de NO_x **22**. Posteriormente, la corriente gaseosa de NO_x **22** se oxidó además consecutivamente para convertir adicionalmente el NO a NO₂ y N₂O₄, se enfrió nuevamente en otro enfriador/condensador de gas **39** y luego se dirigió a una torre de absorción **41**. En el otro extremo, la corriente gaseosa de NO_x **22** se comprimió en el compresor de gas NO_x **40** a una presión de 12 bara, lo que produjo la corriente gaseosa de NO_x presurizada **24**. La corriente gaseosa de NO_x presurizada **24** también se envió a la torre de absorción **41**. Dentro de la torre de absorción **41**, la corriente gaseosa de NO_x **24** reaccionó con agua para producir el gas de cola **5** y una corriente de ácido nítrico crudo **27** que también contenía gas NO_x residual, que se alimentó a un blanqueador **62**. El calor de la corriente gaseosa de NO_x **15** se usó para calentar el gas de cola **5** en el sistema de intercambio de calor **43** hasta 450 °C. Toda la corriente de gas de cola **5** se envió al expansor de gas de cola **7**. El gas NO_x residual de la corriente de ácido nítrico crudo **27** luego se extrajo con un medio gaseoso **72**, tal como un gas que contiene oxígeno o aire, dentro de la unidad de blanqueador **62**, que funciona a 5,4 bara. La potencia motriz del compresor de aire **36** y del compresor de NO_x **40** se originó a partir del expansor de gas de cola **7** y la turbina de vapor **51**. Esta potencia se produjo mediante la turbina de vapor **51**. La exportación de vapor específica ascendió hasta 600 a 800 kg/t de ácido nítrico.

REIVINDICACIONES

1. Una planta de producción para producir ácido nítrico con un consumo de energía reducido y emisiones reducidas, que comprende:

- una fuente de un gas rico en oxígeno, particularmente una fuente de gas rico en oxígeno presurizado, tal como un electrolizador de agua de alta presión;
- un aparato de mezcla corriente abajo de la fuente de gas rico en oxígeno, para mezclar un primer gas que contiene oxígeno con una corriente de gas amoníaco, para producir una mezcla de gas que contiene amoníaco/oxígeno;
- un convertidor de amoníaco, particularmente operable a una presión igual o mayor que P1 y menor que P2, para oxidar amoníaco en la mezcla de gas que contiene amoníaco/oxígeno, para producir una mezcla de gas NO_x/vapor que comprende agua y óxido nítrico;
- un medio para regular la concentración de amoníaco y/o de oxígeno en el convertidor de amoníaco, particularmente un medio para controlar el flujo del gas rico en oxígeno y/o un medio para controlar el flujo de la corriente de gas amoníaco, para mantener la relación molar de oxígeno con respecto a amoníaco dentro del convertidor de amoníaco en una relación de al menos 1,2;
- un primer enfriador/condensador de gas corriente abajo del convertidor de amoníaco, para producir una mezcla de ácido nítrico acuosa diluida y una corriente gaseosa de NO_x;
- un compresor de gas NO_x para comprimir la corriente gaseosa de NO_x, para producir una corriente de gas NO_x comprimida a una presión P2;
- una torre de absorción para absorber los gases NO_x de la corriente de gas NO_x comprimida en agua, para producir una corriente de ácido nítrico crudo que contiene gas NO_x residual, y un gas de cola que comprende gases NO_x, que comprende una salida de gas de cola de torre de absorción para evacuar el gas de cola;
- un sistema de intercambio de calor ubicado corriente arriba del enfriador/condensador de gas para intercambiar calor entre la mezcla de gas NO_x/vapor y el gas de cola, en particular para calentar una corriente de gas de cola con el calor del gas NO_x/vapor que proviene del convertidor de amoníaco;
- un segundo enfriador/condensador de gas para separar y condensar vapor de la corriente de gas NO_x comprimida, particularmente antes de que la corriente de gas NO_x comprimida se proporcione a la torre de absorción;

- un suministro para un segundo gas que contiene oxígeno que tiene o (i) una presión igual o mayor que P1 y hasta P2, para suministrar oxígeno corriente abajo del convertidor de amoníaco y corriente arriba del compresor de gas NOx, o bien (ii) una presión mayor que P2, para suministrar oxígeno a la corriente de gas NOx comprimida;

- un medio para controlar el flujo del segundo gas que contiene oxígeno, de modo que una corriente de gas de cola contenga al menos 0,5 % en volumen de oxígeno; y

- un primer medio de liberación de presión, en particular un expansor de gas de cola, ubicado corriente abajo del sistema de intercambio de calor, para expandir una corriente de gas de cola corriente abajo de la torre de absorción, para producir un primer gas de cola expandido a una presión igual o mayor que P1 y menor que P2, en donde el primer medio de liberación de presión, en particular el expansor de gas de cola, puede alimentar al menos parcialmente el compresor de gas NOx;

caracterizado porque la planta de producción comprende además:

- un medio para dividir un gas de cola en una primera corriente de gas de cola y una segunda corriente de gas de cola, en donde la primera corriente de gas de cola está en comunicación fluida con el gas rico en oxígeno, particularmente en donde la primera corriente de gas de cola tiene una presión igual o mayor que P1 y hasta P2, y en donde la mezcla del gas rico en oxígeno y la primera corriente de gas de cola proporciona el primer gas que contiene oxígeno.

2. Una planta de producción para producir ácido nítrico de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende, particularmente una fuente de aire presurizado para presurizar el sistema, particularmente durante el inicio, en comunicación fluida con un sistema que comprende:

- una fuente de un gas rico en oxígeno, particularmente una fuente de un gas rico en oxígeno presurizado, tal como un electrolizador de agua de alta presión;

- un aparato de mezcla corriente abajo de la fuente del gas rico en oxígeno, para mezclar un primer gas que contiene oxígeno con una corriente de gas amoníaco, para producir una mezcla de gas que contiene amoníaco/oxígeno;

- un medio para medir la concentración de oxígeno en el primer gas que contiene oxígeno;

- un medio para ajustar la concentración de oxígeno en el primer gas que contiene oxígeno, de modo que la relación molar de oxígeno con respecto a amoníaco en la entrada del convertidor de amoníaco sea de al menos 1,2 o al menos 1,25,

particularmente sea de entre 1,2 y 9 o 1,25 y 9;

- un medio para ajustar el suministro de la corriente de gas amoníaco al aparato de mezcla;
- un convertidor de amoníaco, operable a una presión P1, para oxidar amoníaco en la mezcla de gas que contiene amoníaco/oxígeno, para producir una mezcla de gas NO_x/vapor, que comprende agua y óxido nítrico;
- un medio para medir la temperatura en el convertidor de amoníaco;
- un primer enfriador/condensador de gas corriente abajo del convertidor de amoníaco, para producir una mezcla de ácido nítrico acuosa diluida y una corriente gaseosa de NO_x;
- un compresor de gas NO_x para comprimir la corriente gaseosa de NO_x, para producir una corriente de gas NO_x comprimida a una presión P2;
- una torre de absorción para absorber los gases NO_x de la corriente de gas NO_x comprimida en agua, para producir una corriente de ácido nítrico crudo que contiene gas NO_x residual y un gas de cola que comprende gases NO_x, que comprende una salida de gas de cola de torre de absorción para evacuar el gas de cola;
- un medio para medir la concentración de oxígeno en una corriente de gas de cola corriente abajo de la torre de absorción;
- un sistema de intercambio de calor ubicado corriente arriba del enfriador/condensador de gas para intercambiar calor entre la mezcla de gas NO_x/vapor y el gas de cola;
 - un segundo enfriador/condensador de gas adicional, para separar y condensar vapor de la corriente de gas NO_x comprimida, para producir una corriente de gas NO_x comprimida, particularmente que tiene una temperatura que varía de 20 a 60 °C;
 - un suministro de un segundo gas que contiene oxígeno que tiene o (i) una presión igual o mayor que P1 y hasta P2, para suministrar oxígeno corriente arriba del compresor de gas NO_x; o bien una presión mayor que P2, para suministrar oxígeno a la corriente de gas NO_x comprimida, de modo que el gas de cola contenga al menos 0,5 % en volumen de oxígeno; y
- un expansor de gas de cola ubicado corriente abajo del sistema de intercambio de calor, para expandir una corriente de gas de cola corriente abajo de la

torre de absorción, para producir un primer gas de cola expandido a una presión P1, en donde el expansor de gas de cola puede alimentar al menos parcialmente el compresor de gas NO_x;

caracterizado porque el sistema comprende además:

- un medio para dividir una corriente de gas de cola corriente abajo de la torre de absorción en una primera corriente de gas de cola, en comunicación fluida con el gas rico en oxígeno y una segunda corriente de gas de cola; y
- un medio para ajustar la cantidad de gas de cola que se divide en la primera corriente de gas de cola y la segunda corriente de gas de cola.

3. La planta de producción de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde el sistema comprende además uno o más de:

- una turbina de vapor, en donde la turbina de vapor puede alimentar al menos parcialmente el compresor de gas NO_x;
- un intercambiador de calor para intercambiar calor entre el primer gas de cola expandido y una corriente de gas de cola más fría, en donde el primer gas de cola expandido sale del intercambiador de calor particularmente a una temperatura por debajo de 300 °C, y en donde el medio para dividir se ubica corriente abajo del intercambiador de calor y en comunicación fluida con el primer gas de cola expandido;
- una unidad de tratamiento de De-NO_x; y
- un segundo medio de liberación de presión para expandir la segunda corriente de gas de cola a presión atmosférica, para producir un segundo gas de cola expandido.

4. La planta de producción de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende además un blanqueador para blanquear la corriente de ácido nítrico crudo que contiene gas NO_x residual, para proporcionar una corriente de ácido nítrico blanqueado, que tiene una entrada para un gas blanqueador rico en oxígeno, y una salida para los gases residuales en comunicación fluida con cualquier corriente de gas corriente abajo del convertidor de amoníaco y corriente arriba del compresor de gas NO_x si el blanqueador funciona a una presión igual o mayor que P1 y hasta igual a P2, o en comunicación fluida con cualquier corriente corriente abajo del compresor de gas NO_x y corriente arriba de la torre de absorción si el blanqueador funciona a una presión mayor que P2, de modo que el suministro para el segundo gas que contiene oxígeno proviene al menos parcialmente de los gases residuales.

5. La planta de producción de acuerdo con la reivindicación 4, en donde

parte del gas rico en oxígeno o parte del primer gas que contiene oxígeno o parte del gas de cola, está en comunicación fluida con la entrada del blanqueador, de modo que el gas blanqueador rico en oxígeno es proporcionado al menos parcialmente por parte del gas rico en oxígeno, por parte del primer gas que contiene oxígeno o por parte de una corriente de gas de cola.

6. La planta de producción de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende además una corriente de un segundo gas que contiene oxígeno en comunicación fluida directa con cualquier corriente de gas de cola, particularmente una corriente de gas rico en oxígeno presurizado en comunicación fluida directa con cualquier corriente de gas de cola corriente abajo de la torre de absorción o corriente arriba del primer medio de liberación de presión.

7. La planta de producción de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde el gas rico en oxígeno, el segundo gas que contiene oxígeno, el gas blanqueador rico en oxígeno y los gases residuales del blanqueador son todos proporcionados al menos parcialmente por un electrolizador de agua, particularmente un electrolizador de agua de alta presión.

8. La planta de producción de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde la comunicación fluida entre la fuente de aire presurizado y el sistema está en comunicación fluida directa con el gas rico en oxígeno.

9. Un método para producir ácido nítrico con un consumo de energía reducido y emisiones reducidas, en una planta de producción de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, que comprende las etapas de:

antes de la etapa c), proporcionar o preparar un gas rico en oxígeno y un primer gas que contiene oxígeno, y proporcionar una corriente de gas amoníaco;

c) suministrar la corriente de gas amoníaco y un primer gas que contiene oxígeno al aparato de mezcla, lo que produce la mezcla de gas que contiene amoníaco/oxígeno;

d) oxidar el amoníaco en la mezcla de gas que contiene amoníaco/oxígeno en el convertidor de amoníaco, particularmente a una presión igual o mayor que P1 y menor que P2 y a una temperatura que varía de 800 a 950 °C, lo que produce la mezcla gaseosa de gas NOx/vapor, que comprende agua y óxido nítrico;

e) enfriar el gas NOx de la mezcla gaseosa de gas NOx/vapor en el sistema de intercambio de calor y en el primer enfriador/condensador de gas, lo que produce una mezcla de ácido nítrico acuosa diluida y una corriente gaseosa de NOx;

f) comprimir la corriente gaseosa de NO_x en el compresor de gas NO_x , lo que proporciona la corriente de gas NO_x comprimida presurizada que tiene una presión P_2 ;

g) absorber la corriente gaseosa presurizada de NO_x en la torre de absorción, lo que proporciona la corriente de ácido nítrico crudo que contiene gas NO_x residual y el gas de cola que comprende gases NO_x ;

h) calentar el gas de cola en el sistema de intercambio de calor, en donde el calor de la mezcla de gas NO_x /vapor proviene del convertidor de amoníaco, particularmente a una temperatura que varía de 150 a 650 °C;

i) enfriar la corriente de gas NO_x presurizada en el segundo enfriador/condensador de gas, lo que proporciona una corriente de gas NO_x presurizada, particularmente que tiene una temperatura que varía de 20 a 60 °C; y

j) expandir al menos parte del gas de cola obtenido en la etapa h) en un primer medio de liberación de presión, lo que proporciona un primer gas de cola expandido;

caracterizado porque el método comprende además las etapas de:

k) dividir una corriente de gas de cola con un primer medio para dividir en una primera corriente de gas de cola y una segunda corriente de gas de cola, y mezclar la primera corriente de gas de cola con el gas rico en oxígeno, lo que proporciona el primer gas que contiene oxígeno;

m) ajustar el flujo del gas rico en oxígeno que se mezcla en la etapa k) o el flujo de la corriente de gas amoníaco, de modo que la relación molar de oxígeno con respecto a amoníaco en la entrada del convertidor de amoníaco se mantenga en una relación de al menos 1,2 o al menos 1,25, particularmente entre 1,2 y 9 o entre 1,25 y 9; y

q) ajustar el flujo del gas rico en oxígeno a una presión igual o mayor que P_1 y hasta P_2 corriente arriba del compresor de gas NO_x , o a una presión mayor que P_2 corriente abajo del compresor de gas NO_x , de modo que la concentración de oxígeno en una corriente de gas de cola se mantenga a una concentración de al menos 0,5 % en volumen.

10. Un método para producir ácido nítrico con un consumo de energía reducido y emisiones reducidas de acuerdo con la reivindicación 9, que comprende las etapas de:

a) preferentemente, presurizar el sistema al suministrar aire presurizado en el sistema;

b) preferentemente, hacer funcionar el compresor de gas NO_x o un primer medio de liberación de presión, preferentemente un expansor de gas de cola, mediante el uso de energía externa, lo que induce un flujo de aire presurizado en el sistema y presurizar adicionalmente el sistema a una presión P2, corriente abajo del compresor de gas NO_x ;

c) suministrar la corriente de gas amoníaco y un primer gas que contiene oxígeno al aparato de mezcla, lo que produce la mezcla de gas que contiene amoníaco/oxígeno;

d) oxidar el amoníaco en la mezcla de gas que contiene amoníaco/oxígeno en el convertidor de amoníaco, particularmente a una presión P1 y a una temperatura que varía de 800 a 950 °C, lo que produce la mezcla gaseosa de gas NO_x /vapor, que comprende agua y óxido nítrico;

e) enfriar el gas NO_x de la mezcla gaseosa de gas NO_x /vapor en el sistema de intercambio de calor y en el primer enfriador/condensador de gas, lo que produce una mezcla de ácido nítrico acuosa diluida y una corriente gaseosa de NO_x ;

f) comprimir la corriente gaseosa de NO_x en el compresor de gas NO_x , lo que proporciona la corriente de gas NO_x comprimida presurizada que tiene una presión P2;

g) absorber la corriente gaseosa presurizada de NO_x en la torre de absorción, lo que proporciona la corriente de ácido nítrico crudo que contiene gas NO_x residual y el gas de cola que comprende gases NO_x ;

h) calentar el gas de cola en el sistema de intercambio de calor, en donde el calor de la mezcla de gas NO_x /vapor proviene del convertidor de amoníaco, particularmente a una temperatura que varía de 150 a 650 °C;

i) enfriar la corriente de gas NO_x presurizada en el segundo enfriador/condensador de gas, lo que proporciona una corriente de gas NO_x presurizada, particularmente que tiene una temperatura que varía de 20 a 60 °C;
y

j) expandir el gas de cola obtenido en la etapa h) en el expansor de gas de cola, lo que proporciona el primer gas de cola expandido;

caracterizado porque el método comprende además las etapas de:

k) dividir una corriente de gas de cola con un medio para dividir en una primera corriente de gas de cola y una segunda corriente de gas de cola y mezclar la primera corriente de gas de cola con el gas rico en oxígeno, lo que proporciona el gas que contiene oxígeno;

l) medir la concentración de oxígeno en el gas que contiene oxígeno;

m) si la concentración de oxígeno medida en la etapa l) es tal que la relación molar de oxígeno con respecto a amoníaco en el convertidor de amoníaco es menor de 1,2 o 1,25, ajustar el suministro del gas rico en oxígeno, por ejemplo, que tiene una presión P2 y que se mezcla en la etapa k), o ajustar el suministro de la corriente de gas amoníaco en la etapa c), de modo que la relación molar de oxígeno con respecto a amoníaco en la entrada del convertidor de amoníaco sea de al menos 1,2 o al menos 1,25, preferentemente entre 1,2 y 9 o entre 1,25 y 9;

n) medir la temperatura en el convertidor de amoníaco;

o) ajustar el volumen de la primera corriente de gas de cola que se mezcla en la etapa k) o la corriente de gas amoníaco suministrada en la etapa c), si la temperatura medida en la etapa n) está fuera del rango de 800-950 °C, de modo que la temperatura en el convertidor de amoníaco se mantenga en el rango de 800-950 °C;

p) medir la concentración de oxígeno en un gas de cola corriente abajo de la torre de absorción;

q) si la concentración de oxígeno medida en la etapa p) es menor de 0,5 % en volumen de oxígeno, ajustar el suministro del gas rico en oxígeno a una presión igual o mayor que P1 y hasta P2 corriente arriba del compresor de gas NO_x, o a una presión mayor que P2 corriente abajo del compresor de gas NO_x, o ajustar el flujo del segundo gas que contiene oxígeno, de modo que el gas de cola contenga al menos 0,5 % en volumen de oxígeno;

r) repetir las etapas c) a q).

11. El método de acuerdo con la reivindicación 9 o 10, en donde la primera corriente de gas de cola, particularmente la primera corriente de gas de cola expandida, mezclada en la etapa k) se obtiene particularmente después de la etapa j), y en donde el método comprende además las etapas de:

s) particularmente antes de la etapa k), calentar, en el intercambiador de calor, una corriente de gas de cola que es más fría que el primer gas de cola expandido con el primer gas de cola expandido, lo que lleva al primer gas de cola expandido a una temperatura por debajo de 300 °C, en particular antes de la etapa k), calentar, en el intercambiador de calor, el gas de cola obtenido en la etapa g) con el primer gas de cola expandido obtenido en la etapa j), lo que lleva al gas de cola a mezclarse en la etapa k) a una temperatura por debajo de 300 °C;

t) tratar la corriente de gas de cola, particularmente obtenida en la etapa s, en la unidad de tratamiento de De-NO_x;

u) expandir la segunda corriente de gas de cola en el segundo medio de liberación de presión, lo que proporciona el segundo gas de cola expandido; y

v) recuperar al menos parte del vapor generado en el convertidor de amoníaco en la turbina de vapor.

12. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, que comprende además la etapa de:

w) blanquear la corriente de ácido nítrico crudo que contiene gas NO_x residual en el blanqueador, lo que produce la corriente de ácido nítrico blanqueado.

13. El método de acuerdo con la reivindicación 12, que comprende además la etapa de:

w1) suministrar parte del gas rico en oxígeno o parte del primer gas que contiene oxígeno obtenido en la etapa k) o parte del gas de cola obtenido en la etapa g), a la entrada del blanqueador en la etapa w).

14. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13, que comprende además la etapa de:

x) suministrar una corriente de un gas rico en oxígeno, particularmente como una corriente de un gas rico en oxígeno presurizado, a una corriente de gas de cola, particularmente a una corriente de gas de cola corriente arriba del primer medio de liberación de presión.

15. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 14, que comprende además las etapas de:

y) hacer funcionar el electrolizador de agua, lo que produce gas oxígeno, particularmente hacer funcionar un electrolizador de agua de alta presión, lo que produce gas oxígeno presurizado; y

z) proporcionar, a partir del oxígeno producido por el electrolizador de agua en la etapa y), al menos parte del gas rico en oxígeno, el segundo gas que contiene oxígeno, el gas blanqueador rico en oxígeno y los gases residuales del blanqueador.

16. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 15, en donde, en la etapa a), el aire presurizado se suministra en la corriente en comunicación fluida directa con el gas rico en oxígeno.

~~17. El uso de la planta de producción de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8 para realizar el método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 16.~~

178. Un método para modernizar una planta de producción existente para producir ácido nítrico, en donde la planta de producción existente comprende:

- un compresor de aire para proporcionar una corriente de aire comprimida;
- un aparato de mezcla, para mezclar la corriente de aire comprimida con una corriente de gas amoníaco, para producir una mezcla de gas que contiene amoníaco/oxígeno;
- un convertidor de amoníaco, operable a una presión igual o mayor que P1, pero menor que P2, para oxidar amoníaco en la mezcla de gas que contiene amoníaco/oxígeno, para producir una mezcla de gas NO_x/vapor, que comprende agua y óxido nítrico;
- un primer enfriador/condensador de gas, corriente abajo del convertidor de amoníaco, para producir una mezcla de ácido nítrico acuosa diluida y una corriente gaseosa de NO_x;
- un compresor de gas NO_x para comprimir la corriente gaseosa de NO_x, para producir una corriente de gas NO_x presurizada a una presión P2;
- una torre de absorción para absorber los gases NO_x de la corriente de gas NO_x presurizada en agua, para producir una corriente de ácido nítrico crudo que contiene gas NO_x residual y un gas de cola que comprende gases NO_x;
- un sistema de intercambio de calor para intercambiar calor entre la mezcla de gas NO_x/vapor y el gas de cola, particularmente para calentar una corriente de gas de cola con el calor de la mezcla de gas NO_x/vapor del convertidor de amoníaco;
- un segundo enfriador/condensador de gas para separar y condensar vapor de la corriente de gas NO_x comprimida, entre el compresor de NO_x y la torre de absorción, y
- un expansor de gas de cola para expandir una corriente de gas de cola corriente abajo de la torre de absorción, para producir un gas de cola expandido a una presión P1, en donde el expansor de gas de cola puede alimentar al menos parcialmente el compresor de gas NO_x;

en una planta de producción de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, que comprende las etapas de:

- introducir una fuente de aire presurizado en comunicación fluida con la planta de producción;
- introducir un suministro o fuente de un gas rico en oxígeno, tal como un electrolizador de agua de alta presión, lo que proporciona parte de un primer gas que contiene oxígeno, corriente arriba y en comunicación fluida con el aparato de mezcla;

- introducir un medio para regular la concentración de amoníaco y/o de oxígeno en el convertidor de amoníaco, particularmente un medio para controlar el flujo del gas rico en oxígeno y/o el flujo del primer gas que contiene oxígeno y/o un medio para controlar el flujo de la corriente de gas amoníaco, para mantener la relación molar de oxígeno con respecto a amoníaco dentro del convertidor de amoníaco en una relación de al menos 1,2 o al menos 1,25, particularmente entre 1,2 y 9 o entre 1,25 y 9;
- introducir un suministro de un segundo gas que contiene oxígeno, que tiene o (i) una presión igual o mayor que P1 y hasta P2 para suministrar oxígeno corriente arriba del compresor de gas NOx, o bien (ii) una presión mayor que P2, para suministrar oxígeno a la corriente de gas NOx comprimida, de modo que una corriente de gas de cola contenga al menos 0,5 % en volumen de oxígeno;
- introducir un medio para dividir una corriente de gas de cola en una primera corriente de gas de cola y una segunda corriente de gas de cola, en donde la primera corriente de gas de cola tiene una presión igual o mayor que P1 y hasta P2, y está en comunicación fluida con el gas rico en oxígeno, que, tras la mezcla con el gas rico en oxígeno proporciona el primer gas que contiene oxígeno;
- particularmente, introducir un medio para ajustar la cantidad de gas de cola que se divide en la primera corriente de gas de cola y la segunda corriente de gas de cola; y
- retirar el compresor de aire.

RESUMEN

La presente divulgación divulga un sistema para producir ácido nítrico con energía reducida, en donde el sistema es una planta de ácido nítrico de doble presión estándar caracterizada porque el sistema comprende además un medio para dividir una corriente de gas de cola en una primera corriente de gas de cola, en comunicación fluida con un gas rico en oxígeno corriente arriba de la unidad de mezcla de amoníaco, y una segunda corriente de gas de cola, y un medio para ajustar la cantidad de gas de cola que se divide en la primera corriente de gas de cola y la segunda corriente de gas de cola, de modo que no se requiera un compresor de aire para hacer funcionar la planta de ácido nítrico. La presente divulgación se refiere además a un método para hacer funcionar el sistema, al uso del sistema de la divulgación para realizar el método de la divulgación y a un método para modernizar una planta de ácido nítrico de doble presión estándar en el sistema de la divulgación.

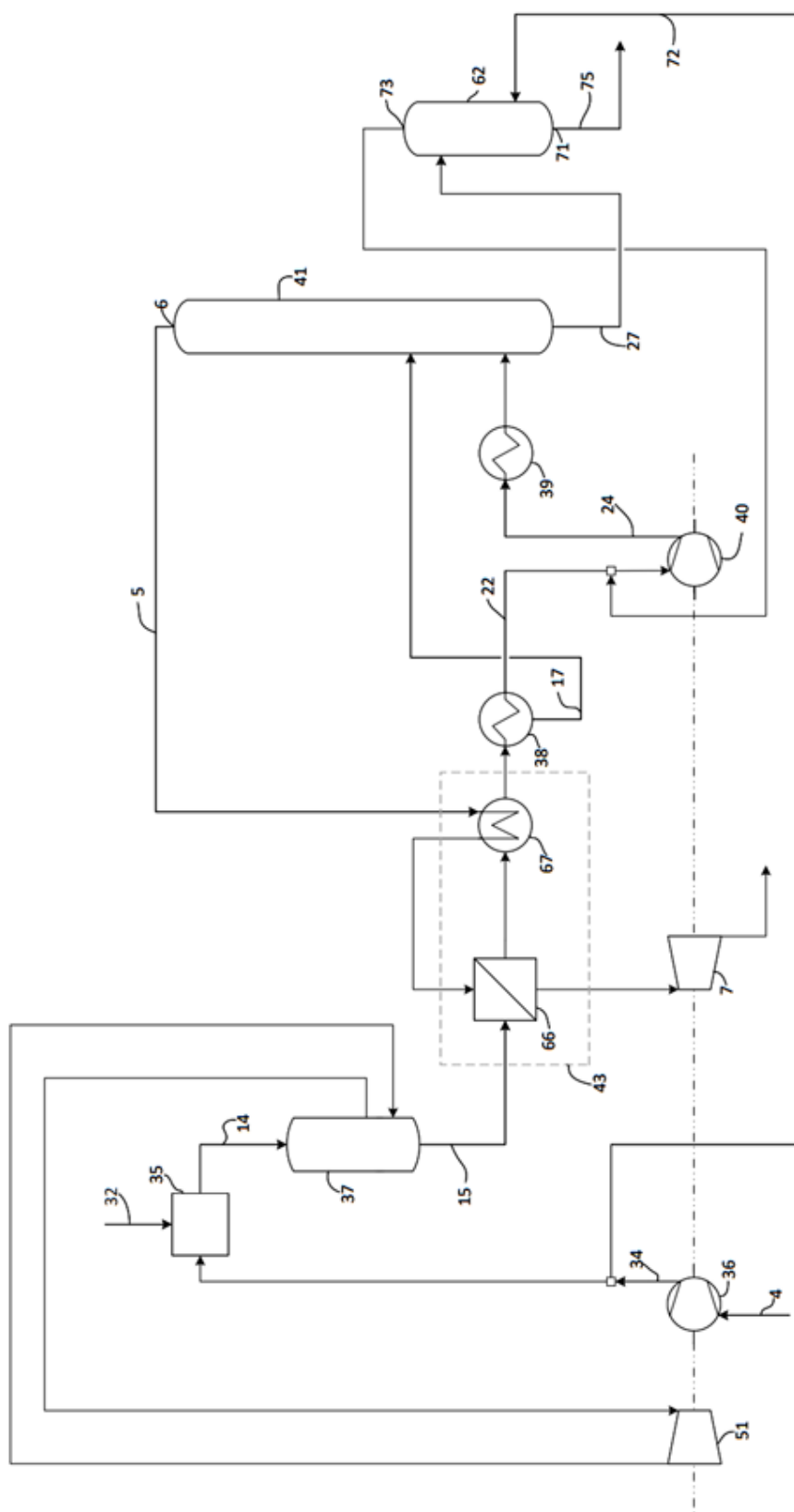


Figura 1 (estado de la técnica)

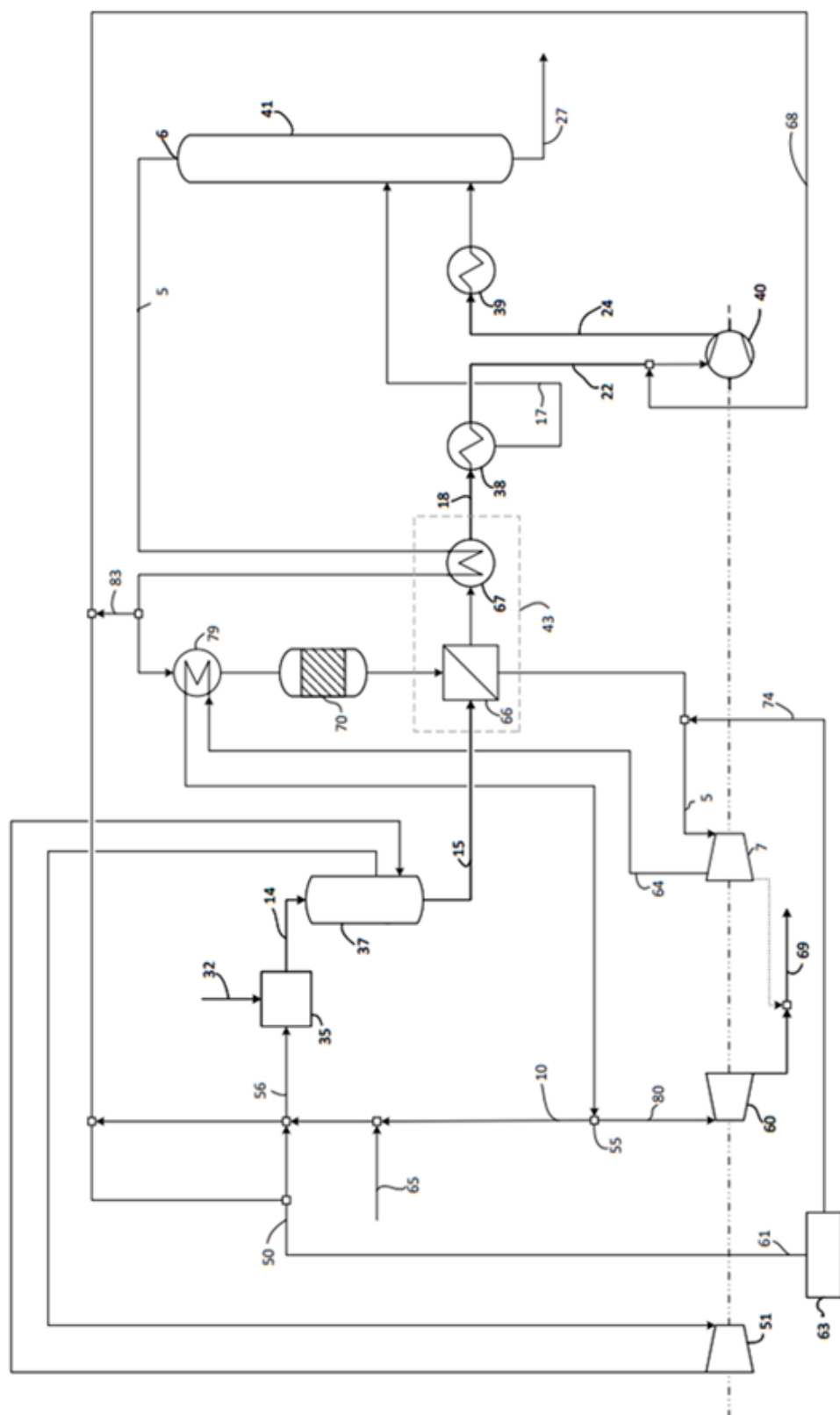


Figura 2A

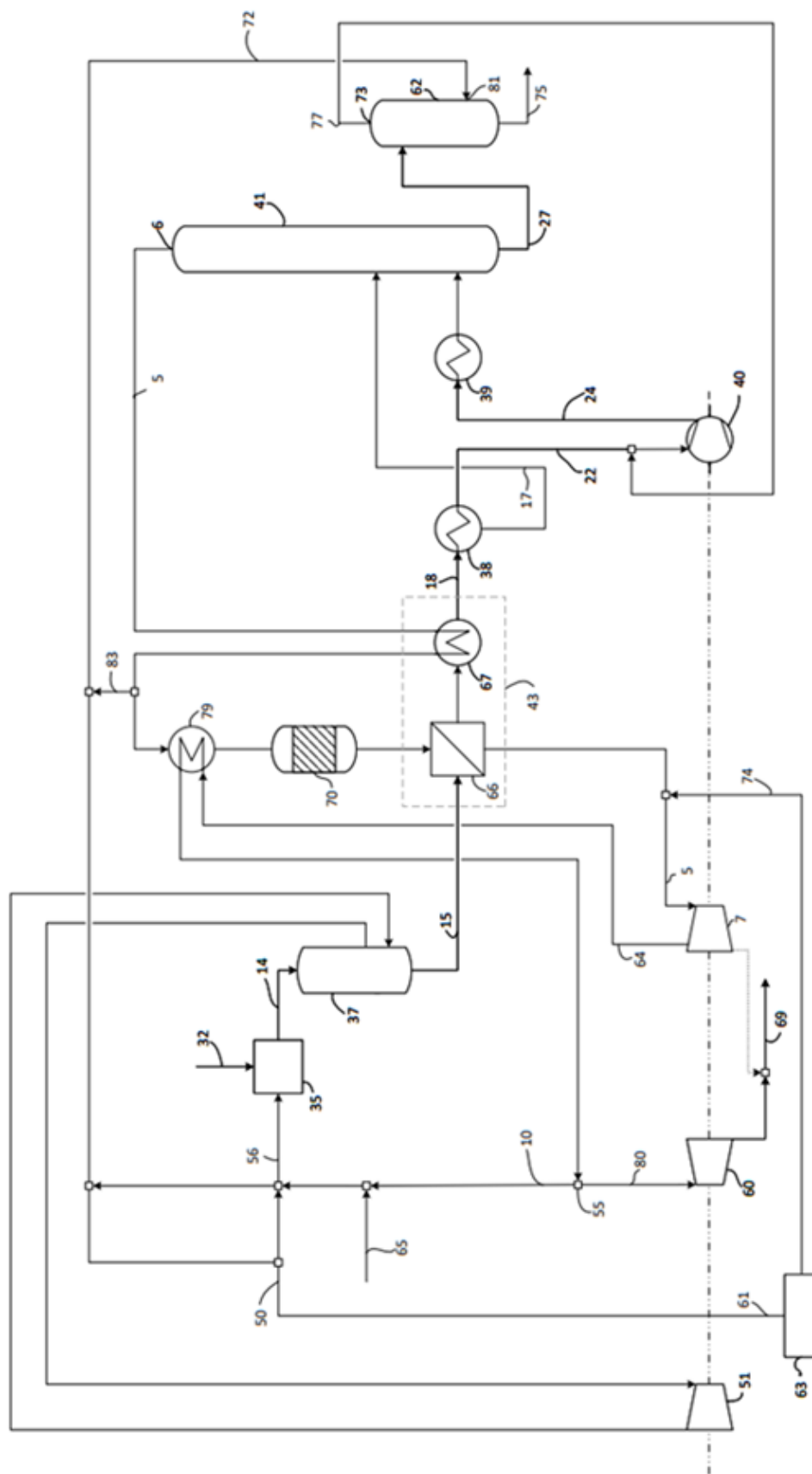


Figura 2B

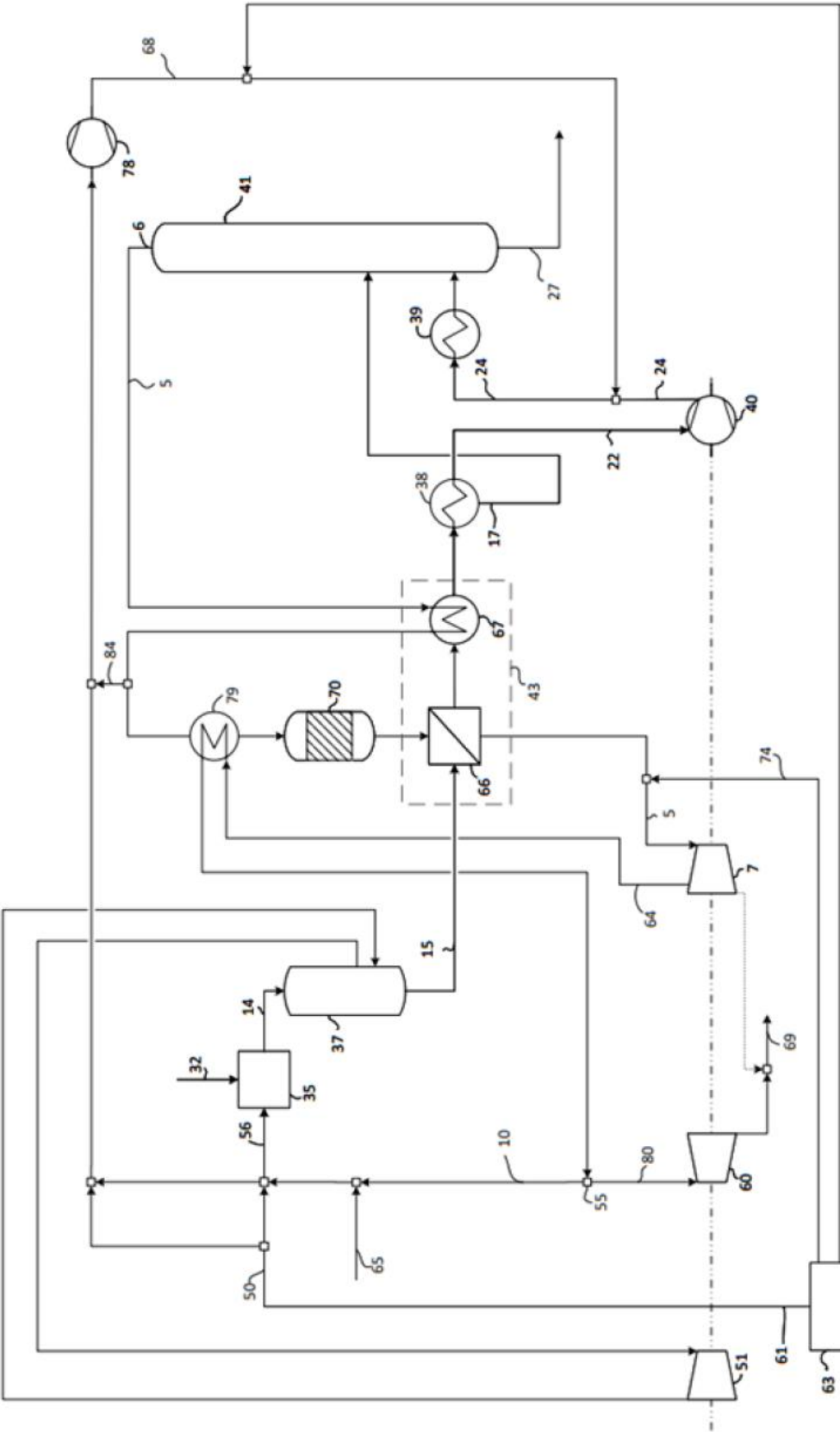


Figura 2C

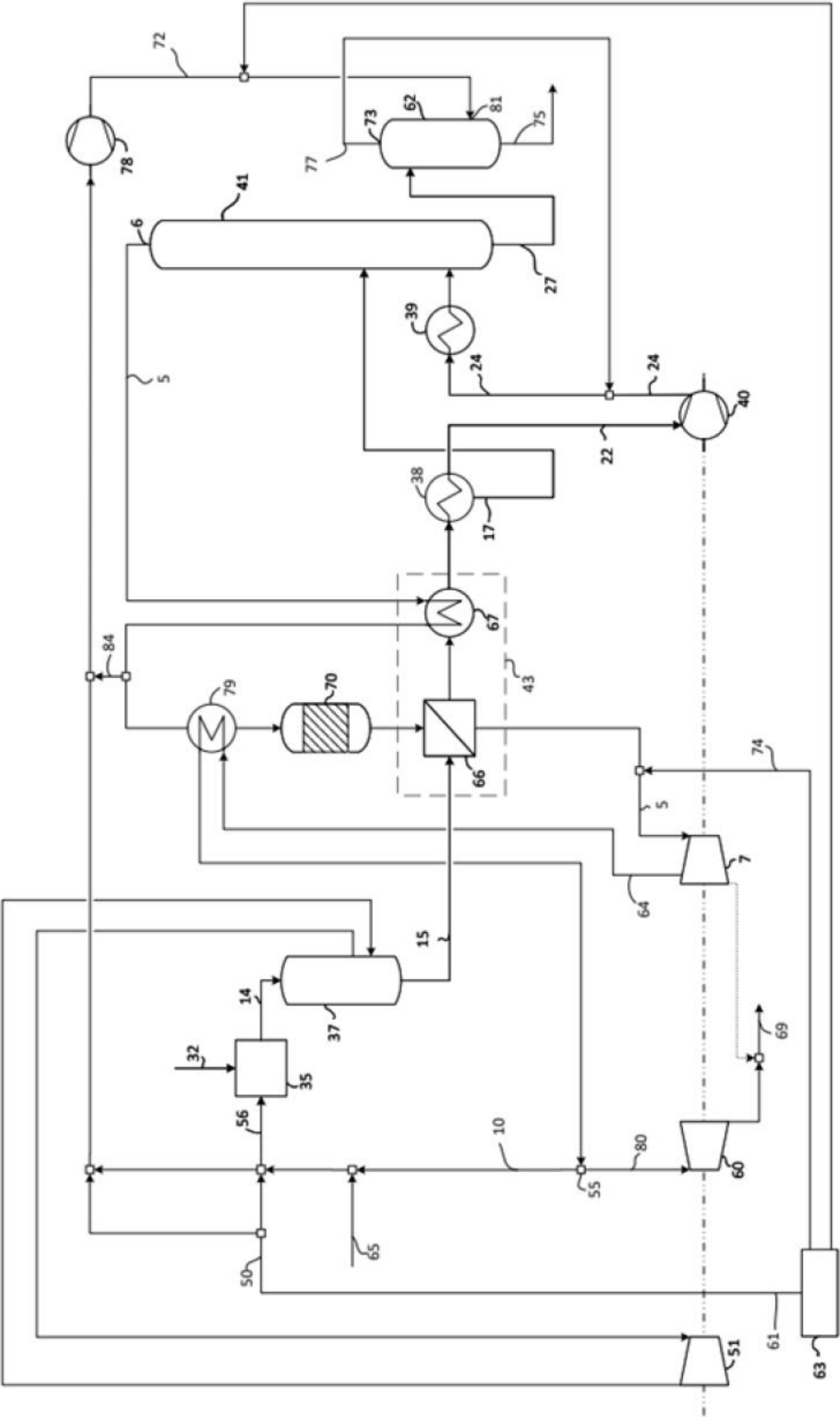


Figura 2D

PATENT COOPERATION TREATY

From the
INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINING AUTHORITY

PCT

NOTIFICATION OF TRANSMITTAL OF THE INTERNATIONAL PRELIMINARY REPORT ON PATENTABILITY

(PCT Rule 71.1)

To:

De Clercq & Partners
Edgard Gevaertdreef 10a
9830 Sint-Martens-Latem
BELGIQUE

Date of mailing
(day/month/year)

07.07.2023

Applicant's or agent's file reference
YARA-241-PCT

IMPORTANT NOTIFICATION

International application No.
PCT/EP2022/073638

International filing date (day/month/year)
25.08.2022

Priority date (day/month/year)
25.08.2021

Applicant
Yara International ASA

1. The applicant is hereby notified that this International Preliminary Examining Authority transmits herewith the international preliminary report on patentability and its annexes, if any, established on the international application.
2. A copy of the report and its annexes, if any, is being transmitted to the International Bureau for communication to all the elected Offices.
3. Where required by any of the elected Offices, the International Bureau will prepare an English translation of the report (but not of any annexes) and will transmit such translation to those Offices.

4. REMINDER

The applicant must enter the national phase before each elected Office by performing certain acts (filing translations and paying national fees) within 30 months from the priority date (or later in some Offices) (Article 39(1)) (see also the reminder sent by the International Bureau with Form PCT/IB/301).

Where a translation of the international application must be furnished to an elected Office, that translation must contain a translation of any annexes to the international preliminary report on patentability. It is the applicant's responsibility to prepare and furnish such translation directly to each elected Office concerned.

For further details on the applicable time limits and requirements of the elected Offices, see Volume II of the PCT Applicant's Guide.

The applicant's attention is drawn to Article 33(5), which provides that the criteria of novelty, inventive step and industrial applicability described in Article 33(2) to (4) merely serve the purposes of international preliminary examination and that "any Contracting State may apply additional or different criteria for the purposes of deciding whether, in that State, the claimed inventions is patentable or not" (see also Article 27(5)). Such additional criteria may relate, for example, to exemptions from patentability, requirements for enabling disclosure, clarity and support for the claims.

Name and mailing address of the international
preliminary examining authority:



European Patent Office
D-80298 Munich
Tel. +49 89 2399 - 0
Fax: +49 89 2399 - 4465

Authorized Officer

Marchetto, Lisa

Tel. +49 89 2399-2796



PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY REPORT ON PATENTABILITY

(Chapter II of the Patent Cooperation Treaty)

(PCT Article 36 and Rule 70)

Applicant's or agent's file reference YARA-241-PCT	FOR FURTHER ACTION		See Form PCT/IPEA/416
International application No. PCT/EP2022/073638	International filing date (day/month/year) 25.08.2022	Priority date (day/month/year) 25.08.2021	
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC INV. C01B21/26			
Applicant Yara International ASA			
1. This report is the international preliminary examination report, established by this International Preliminary Examining Authority under Article 35 and transmitted to the applicant according to Article 36. 2. This REPORT consists of a total of <u>6</u> sheets, including this cover sheet. 3. This report is also accompanied by ANNEXES, comprising: a. ☐ a total of sheets, as follows: ☐ sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and/or sheets containing rectifications authorized by this Authority, unless those sheets were superseded or cancelled, and any accompanying letters (see Rules 46.5, 66.8, 70.16, 91.2, and Section 607 of the Administrative Instructions). ☐ sheets containing rectifications, where the decision was made by this Authority not to take them into account because they were not authorized by or notified to this Authority at the time when this Authority began to draw up this report, and any accompanying letters (Rules 66.4bis, 70.2(e), 70.16 and 91.2). ☐ superseded sheets and any accompanying letters, where this Authority either considers that the superseding sheets contain an amendment that goes beyond the disclosure in the international application as filed, or the superseding sheets were not accompanied by a letter indicating the basis for the amendments in the application as filed, as indicated in item 4 of Box No. I and the Supplemental Box (see Rule 70.16(b)). b. ☐ a separate electronic file containing a sequence listing (<i>sent to the International Bureau only</i>)			
4. This report contains indications relating to the following items: ☒ Box No. I Basis of the report ☐ Box No. II Priority ☐ Box No. III Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability ☐ Box No. IV Lack of unity of invention ☒ Box No. V Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement ☐ Box No. VI Certain documents cited ☐ Box No. VII Certain defects in the international application ☐ Box No. VIII Certain observations on the international application			
Date of submission of the demand 16.06.2023		Date of completion of this report 07.07.2023	
Name and mailing address of the international preliminary examining authority:  European Patent Office D-80298 Munich Tel. +49 89 2399 - 0 Fax: +49 89 2399 - 4465		Authorized officer Gerwann, Jochen Telephone No. +31 70 340-8456	



Box No. I Basis of the report

1. With regard to the **language**, this report is based on
- ☒ the international application in the language in which it was filed
 - ☐ a translation of the international application into , which is the language of a translation furnished for the purposes of:
 - ☐ international search (under Rules 12.3(a) and 23.1(b))
 - ☐ publication of the international application (under Rule 12.4(a))
 - ☐ international preliminary examination (under Rules 55.2(a) and/or 55.3(a) and (b))
2. With regard to the **elements*** of the international application, this report is based on (*replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to this report*):

Description, Pages

1-44 as originally filed

Claims, Numbers

1-18 as originally filed

Drawings, Sheets

1/5-5/5 as originally filed

- ☐ a sequence listing - see Supplemental Box Relating to Sequence Listing.
3. ☐ The amendments have resulted in the cancellation of:
- ☐ the description, pages
 - ☐ the claims, Nos.
 - ☐ the drawings, sheets/figs
 - ☐ the sequence listing (*specify*):
4. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments annexed to this report and listed below had not been made, since either they are considered to go beyond the disclosure as filed, or they were not accompanied by a letter indicating the basis for the amendments in the application as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rules 70.2(c) and (c-bis)):
- ☐ the description, pages
 - ☐ the claims, Nos.
 - ☐ the drawings, sheets/figs
 - ☐ the sequence listing (*specify*):
5. ☐ This report has been established:
- ☐ taking into account the **rectification of an obvious mistake** authorized by or notified to this Authority under Rule 91 (Rules 66.1(d-bis) and 70.2(e)).
 - ☐ without taking into account the **rectification of an obvious mistake** authorized by or notified to this Authority under Rule 91(Rules 66.4bis and 70.2(e)).

**INTERNATIONAL PRELIMINARY REPORT
ON PATENTABILITY**

International application No.
PCT/EP2022/073638

6. ☒ With regard to top-up searches (Rules 66.1 *ter* and 70.2(f)):
- ☒ A top-up search was carried out by this Authority on 26.06.2023 (all discovered documents are listed in the Supplemental Box Relating to Top-up Search).
 - ☐ Additional relevant documents have been discovered during the top-up search.
 - ☐ No top-up search was carried out by this Authority because it would serve no useful purpose.
7. ☐ Supplementary international search report(s) from Authority(ies) has/have been received and taken into account in establishing this report (Rule 45bis.8(b) and (c)).

* If item 4 applies, some or all of those sheets may be marked "superseded".

Box No. V Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

Novelty (N)	Yes: Claims	<u>1-18</u>
	No: Claims	
Inventive step (IS)	Yes: Claims	<u>1-18</u>
	No: Claims	
Industrial applicability (IA)	Yes: Claims	<u>1-18</u>
	No: Claims	

2. Citations and explanations (Rule 70.7):

see separate sheet

Re Item V

Reasoned statement with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

Reference is made to the following documents:

- D1 DE 10 2013 004341 A1 (THYSSENKRUPP UHDE GMBH [DE]) 18 September 2014 (2014-09-18)
- D2 US 6 264 910 B1 (MAURER RAINER [DE] ET AL) 24 July 2001 (2001-07-24)
- D3 "Latest nitric acid process design",
NITROGEN,,
no. 165, 1 January 1987 (1987-01-01), pages 32-40, XP001266113,

1 Articles 33(2), (3) PCT

Document D1 is regarded as being the prior art closest to the subject-matter of claim 1, and discloses a dual-pressure plant for producing HNO₃ (fig. 2). Air (100) is compressed (1) and directed via line (120) together with vaporized NH₃ (2) and O₂ depleted gas mixture (220) into oxidation reactor (3). The gas mixture, entering (3) has a molar ratio of O₂/NH₃ from 1.25 to 1.75. NO_x/H₂O, leaving (3) is first cooled in the heat-exchanger (4) and afterwards directed to the condenser (5), from which non-condensed NO_x leaves via line (140). Diluted HNO₃, leaving (5) is directed to the absorption tower (8) via line (150). NO_x, leaving (5) via (140) is compressed in (7) and directed to (8). HNO₃ is obtained from (8) and leaves via line (160). Tail gas leaves (8) via line (180) and is heated in the heat exchanger (4) and purified in (9). Purified tail gas leaves (9) via line (190) and is split in two streams, wherein one part is directed to the turbine (10) for recovering energy, while the remaining purified tail gas is expanded in (11), before redirected with the compressed air from compressor (1) via line (120) into the reactor (3) (D1: claims 1-27; paragraphs [0082]-[0104], [0107]-[0111]; fig. 1, 2).

The subject-matter of claim 1 therefore differs from this known document D1 in that the oxygen rich gas and recirculated tail gas (first tail gas) are mixed and in that the mixed gases are directed to a mixing apparatus for mixing the gas stream with an ammonia gas stream.

The subject-matter of claim 1 is therefor novel (Art. 33(2) PCT).

The technical effect linked with the differentiating feature is that the dual pressure nitric acid plant is operated without an air compressor, thereby reducing the energy consumption of the plant.

The problem to be solved by the present invention may therefore be regarded as to provide a dual pressure nitric acid plant with reduced energy consumption.

The solution to this problem proposed in claim 1 of the present application is considered as involving an inventive step (Article 33(3) PCT) for the following reasons:

Document D2 discloses a dual pressure nitric acid plant comprising the provision of a multi shaft geared a centrifugal compressor separately with process air and nitrous gas (D2: abstract).

Starting from D1, the skilled person would not arrive at a solution falling within the scope of the claims, because there is no teaching, suggestion or hint in D1, alone or in combination with any of the other cited documents, that would serve as motivation for carrying out the necessary modifications, i.e. providing a separate supply of oxygen-rich gas in order to allow the removal of the air compressor.

Therefore, the subject-matter of claim 1 and dependent claims 2-8 fulfils the requirements of the PCT with regard to novelty and inventive step (Art. 33(2), (3) PCT).

Claim 9 discloses a method for producing nitric acid at reduced power consumption and reduced emissions in a production plant according to any of claims 1-8, comprising the step of mixing the first tail with the oxygen-rich gas. With regard to novelty and inventive step, the same arguments apply mutatis mutandis to the subject-matter of claim 9 and dependent claims 10-16.

Claim 17 discloses the use of the production plant according to any of claims 1-8 for performing the method according to any of claims 9-16.

With regard to novelty and inventive step, the same arguments apply mutatis mutandis to the subject-matter of claim 17.

Claim 18 discloses a method for revamping an existing production plant for producing nitric acid comprising an air compressor, wherein in the revamping process the air compressor is replaced by e.g. means for splitting the tail gas into a first and second tail gas stream, wherein the first tail gas stream is in fluid communication with the oxygen rich gas.

With regard to novelty and inventive step, the same arguments apply mutatis mutandis to the subject-matter of claim 18, which is therefore considered to be novel and inventive (Art. 33(2), (3) PCT).

TRATADO DE COOPERACIÓN EN MATERIA DE PATENTES

De
AUTORIDAD DE EVALUACIÓN PRELIMINAR INTERNACIONAL

Para:

De Clercq & Partners
Edgard Gevaertdreef 10a
9830 Sint-Martens-Latem
BÉLGICA

PCT

NOTIFICACIÓN DE TRANSMISIÓN DE
INFORME PRELIMINAR INTERNACIONAL
SOBRE PATENTABILIDAD
(PCT Norma 71.1)

Fecha de envío
(día/mes/año)

07.07.2023

Referencia de expediente del solicitante o agente
YARA-241-PCT

NOTIFICACIÓN IMPORTANTE

Solicitud internacional N.º
PCT/EP2022/073638

Fecha de presentación internacional (día/mes/año)
25.08.2022

Fecha de prioridad (día/mes/año)
25.08.2021

Solicitante
Yara International ASA

1. Por la presente se notifica al solicitante que esta Autoridad de evaluación preliminar internacional transmite con la presente el informe preliminar internacional sobre patentabilidad y sus anexos, si hubiera, establecido en la solicitud internacional.
2. Una copia del informe y sus anexos, si hubiera, se transmite a la Oficina internacional para su comunicación a todas las Oficinas elegidas.
3. En caso de que alguna de las Oficinas elegidas lo requiera, la Oficina internacional preparará una traducción al inglés del informe (pero no de los anexos) y transmitirá dicha traducción a esas Oficinas.

4. RECORDATORIO

El solicitante debe presentar la fase nacional ante cada Oficina elegida mediante la realización de determinadas acciones (presentar traducciones y pagar aranceles nacionales) dentro de los 30 meses desde la fecha de la prioridad (o posteriormente en algunas Oficinas) (Sección 39(1)) (ver también el recordatorio enviado por la Oficina internacional con el Formulario PCT/IB/301).

En caso de que una traducción de la solicitud internacional deba proporcionarse a una Oficina elegida, dicha traducción debe contener una traducción de todos los anexos del informe preliminar internacional sobre patentabilidad. Es responsabilidad del solicitante preparar y proporcionar dicha traducción de manera directa a cada Oficina elegida correspondiente.

Para más detalles sobre los límites de tiempo aplicables y requisitos de las Oficinas elegidas, ver el Volumen II de la Guía para solicitantes de PCT.

Se recuerda al solicitante la Sección 33(5), que establece que los criterios de novedad, actividad inventiva y aplicabilidad industrial descritos en las Secciones 33(2) a (4) sólo sirven a los fines de la evaluación preliminar internacional y que "cualquier Estado contratante podrá aplicar criterios adicionales o diferentes para decidir si, en ese Estado, las invenciones reivindicadas son patentables o no" (ver también Sección 27(5)). Dichos criterios adicionales pueden referirse, por ejemplo, a exenciones de patentabilidad, requisitos para permitir la divulgación, claridad y respaldo de las reivindicaciones.

Nombre y dirección de correspondencia de la
Autoridad de evaluación preliminar internacional:



Oficina europea de patentes
D-80298 Múnich
Tel. +49 89 2399 - 0
Fax: +49 89 2399 - 4465

Funcionario autorizado

Marchetto, Lisa

Tel. +49 89 2399-2796



TRATADO DE COOPERACIÓN EN MATERIA DE PATENTES

PCT

INFORME PRELIMINAR INTERNACIONAL SOBRE PATENTABILIDAD

(Capítulo II del Tratado de cooperación en materia de patentes)

(PCT Sección 36 y Norma 70)

Referencia de expediente del solicitante o agente YARA-241-PCT	PARA ACCIONES ADICIONALES Ver Formulario PCT/IPEA/416	
Solicitud internacional N.º PCT/EP2022/073638	Fecha de presentación internacional (día/mes/año) 25.08.2022	Fecha de prioridad (día/mes/año) 25.08.2021
Clasificación de patentes internacional (IPC) o clasificación nacional e IPC INV. C01B21/26		
Solicitante Yara International ASA		
1. El presente informe es el Informe de Evaluación preliminar internacional, establecido por esta Autoridad de evaluación preliminar internacional de acuerdo con la Sección 35 y transmitido al solicitante de acuerdo con la Sección 36. 2. Este INFORME consiste en un total de <u>6</u> hojas, que incluyen esta portada. 3. Este informe también contiene ANEXOS adjuntos, que comprenden: a. ☐ un total de hojas, de la siguiente manera: ☐ hojas de la descripción, reivindicaciones y/o dibujos que se modificaron y/u hojas que contengan rectificaciones autorizadas por esta autoridad, a menos que dichas hojas hayan sido sustituidas o canceladas, y cualquier documento adjunto (ver Normas 46.5, 66.8, 70.16, 91.2 y Artículo 607 de las Instrucciones administrativas). ☐ hojas que contengan rectificaciones, cuando esta autoridad haya decidido no tenerlas en cuenta debido a que no estaban autorizadas por, o no habían sido notificadas a, esta autoridad al momento en que esta Autoridad comenzó a realizar el presente informe, y cualquier documento adjunto (Normas 66.4bis, 70.2(e), 70.16 y 91.2). ☐ hojas sustituidas y cualquier documento adjunto, cuando esta autoridad considere que las hojas sustituidas contienen una modificación que va más allá de la divulgación en la solicitud internacional tal como fue presentada, o las hojas sustituidas no iban acompañadas de un documento que indicara el fundamento de las modificaciones en la solicitud tal como fue presentada, como se indica en el punto 4 del Recuadro N.º I y en el Recuadro complementario (ver Norma 70.16(b)). b. ☐ un archivo electrónico separado que contiene un listado de secuencias (<i>enviado a la Oficina internacional solamente</i>)		
4. El presente informe contiene indicaciones con respecto a los siguientes elementos: ☒ Recuadro N.º I Fundamentos del informe ☐ Recuadro N.º II Prioridad ☐ Recuadro N.º III Falta de determinación con respecto a la novedad, actividad inventiva y aplicabilidad industrial ☐ Recuadro N.º IV Falta de unidad de invención ☒ Recuadro N.º V Justificación de acuerdo con la Sección 35(2) con respecto a la novedad, actividad inventiva o aplicabilidad industrial; citas y explicaciones que respaldan dicha justificación ☐ Recuadro N.º VI Ciertos documentos citados ☐ Recuadro N.º VII Ciertos defectos en la solicitud internacional ☐ Recuadro N.º VIII Ciertas observaciones en la solicitud internacional		
Fecha de presentación de la petición 16.06.2023	Fecha de finalización de este informe 07.07.2023	
Nombre y dirección de correspondencia de la Autoridad de evaluación preliminar internacional:  Oficina europea de patentes D-80298 Múnich Tel. +49 89 2399 - 0 Fax: +49 89 2399 - 4465	Funcionario autorizado Gerwann, Jochen Tel. +31 70 340-8456	



Recuadro N.º I	Fundamentos del informe												
1.	Con respecto al lenguaje, el presente informe se basa en ☒ la solicitud internacional en el lenguaje en que esta se presentó ☐ una traducción de la solicitud internacional en el lenguaje correspondiente a una traducción proporcionada a los fines de: ☐ búsqueda internacional (de acuerdo con las Normas 12.3(a) y 23.1(b)) ☐ publicación de la solicitud internacional (de acuerdo con la Norma 12.4(a)) ☐ evaluación preliminar internacional (de acuerdo con las Normas 55.2(a) y/o 55.3(a) y (b)) 2. Con respecto a los elementos* de la solicitud internacional, el presente informe se basa en <i>(las hojas de reemplazo que se proporcionaron a la Oficina receptora en respuesta a una invitación en virtud de la Sección 14 se denominan en el presente informe "originalmente presentadas" y no se anexan en este informe):</i> <table> <tr> <td>Descripción, Páginas</td> <td>como se presentaron originalmente</td> </tr> <tr> <td>1-44</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Reivindicaciones, números</td> <td>como se presentaron originalmente</td> </tr> <tr> <td>1-18</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Dibujos, hojas</td> <td>como se presentaron originalmente</td> </tr> <tr> <td>1/5-5/5</td> <td></td> </tr> </table> ☐ un listado de secuencias, ver Recuadro complementario relativo al Listado de secuencias. 3. ☐ Las modificaciones produjeron la cancelación de: ☐ la descripción, páginas ☐ las reivindicaciones, N.º ☐ los dibujos, hojas/figuras ☐ el listado de secuencias (<i>especificar</i>): 4. ☐ El presente informe se ha elaborado como si (algunas de) las modificaciones anexas a este informe y enumeradas a continuación no se hubieran realizado, ya que se considera que van más allá de la divulgación tal como se presentó o no iban acompañadas de un documento que indicara el fundamento de las modificaciones en la solicitud tal como fue presentada, como se indica en el Recuadro complementario (Normas 70.2(c) y (c(c-bis)): ☐ la descripción, páginas ☐ las reivindicaciones, N.º ☐ los dibujos, hojas/figuras ☐ el listado de secuencias (<i>especificar</i>): 5. ☐ Se estableció el presente informe: ☐ considerando la rectificación de un error obvio autorizada por o notificada a esta Autoridad de acuerdo con la Norma 91 (Normas 66.1(d-bis) y 70.2(e)). ☐ sin tomar en cuenta la rectificación de un error obvio autorizada por o notificada a esta Autoridad de acuerdo con la Norma 91 (Normas 66.4bis y 70.2(e)).	Descripción, Páginas	como se presentaron originalmente	1-44		Reivindicaciones, números	como se presentaron originalmente	1-18		Dibujos, hojas	como se presentaron originalmente	1/5-5/5	
Descripción, Páginas	como se presentaron originalmente												
1-44													
Reivindicaciones, números	como se presentaron originalmente												
1-18													
Dibujos, hojas	como se presentaron originalmente												
1/5-5/5													

INFORME PRELIMINAR INTERNACIONAL SOBRE PATENTABILIDAD

Solicitud internacional N.º
PCT/EP2022/073638

6. ☒ Con respecto a las búsquedas complementarias (Normas 66.1 *ter* y 70.2(f)):
- ☒ Esta Autoridad llevó a cabo una búsqueda complementaria en 26.06.2023 (todos los documentos descubiertos se enumeran en el Recuadro Complementario relativo a la Búsqueda Complementaria).
 - ☐ Durante la búsqueda complementaria se descubrieron otros documentos relevantes.
 - ☐ Esta Autoridad no llevó a cabo ninguna búsqueda complementaria puesto que no sería de utilidad.
7. ☐ Se recibieron informes complementarios de búsqueda internacional de las Autoridades y se tuvieron en cuenta para establecer el presente informe (Norma 45bis.8(b) y (c)).

* Si el punto 4 es aplicable, algunas o todas esas hojas pueden marcarse como "sustituidas".

Recuadro N.º V Justificación de acuerdo con la Sección 35(2) con respecto a la novedad, actividad inventiva o aplicabilidad industrial; citas y explicaciones que respaldan dicha justificación

1. Declaración

Novedad (N)	Sí:	<u>1-18</u>
	Reivindicaciones	
	No:	
	Reivindicaciones	
Actividad inventiva (IS)	Sí:	<u>1-18</u>
	Reivindicaciones	
	No:	
	Reivindicaciones	
Aplicabilidad industrial (IA)	Sí:	<u>1-18</u>
	Reivindicaciones	
	No:	
	Reivindicaciones	

2. Citas y explicaciones (Norma 70.7):

ver hoja separada

Respuesta punto V

Justificación con respecto a la novedad, actividad inventiva o aplicabilidad industrial; citas y explicaciones que respaldan dicha justificación

Se hace referencia a los siguientes documentos:

- D1 DE 10 2013 004341 A1 (THYSSENKRUPP UHDE GMBH [DE]) 18 septiembre de 2014 (2014-09-18)
- D2 US 6 264 910 B1 (MAURER RAINER [DE] ET AL) 24 de julio de 2001 (2001-07-24)
- D3 "Latest nitric acid process design",
NITROGEN,
n.º 165, 1 de enero de 1987 (1987-01-01), páginas 32-40,
XP001266113,

1 Artículos 33(2), (3) PCT

El documento D1 se considera el arte previo más cercano al objeto de acuerdo con la reivindicación 1, y divulga una planta de presión dual para producir HNO₃ (Figura 2). El aire (100) se comprime (1) y se dirige a través de la línea (120) junto con NH₃ vaporizado (2) y la mezcla de gas disminuido de O₂ (220) en el reactor de oxidación (3). La mezcla de gas, que ingresa a (3) tiene una relación molar de O₂/NH₃ de 1,25 a 1,75. NO_x/H₂O, que sale de (3) primero se enfría en el intercambiador de calor (4) y luego se dirige al condensador (5), de donde sale NO_x no condensado a través de la línea (140). HNO₃ diluido, que sale de (5) se dirige a la torre de absorción (8) a través de la línea (150). NO_x, que sale de (5) a través de (140) está comprimido en (7) y se dirige a (8). Se obtiene HNO₃ de (8) y sale a través de la línea (160). El gas de cola sale de (8) a través de la línea (180), se calienta en el intercambiador de calor (4) y se purifica en (9). El gas de cola purificado sale de (9) a través de la línea (190) y se separa en dos corrientes, en donde una parte está dirigida a la turbina (10) para recuperar energía, mientras que el gas de cola purificado restante se expande en (11), antes de ser redirigido con el aire comprimido del compresor (1) a través de la línea (120) en el reactor (3) (D1: reivindicaciones 1-27; párrafos [0082]-[0104], [0107]-[0111]; Figura 1, 2).

Por lo tanto, el objeto de acuerdo con la reivindicación 1 difiere de este documento D1 conocido en que el gas rico en oxígeno y el gas de cola recirculado (primer gas de cola) se mezclan y allí los gases mezclados se dirigen a un aparato de mezcla para mezclar la corriente de gas con una corriente de gas de amoníaco.

Por lo tanto, el objeto de acuerdo con la reivindicación 1 es novedoso (Sección 33(2) PCT).

El efecto técnico ligado con la característica de diferenciación es que la planta de ácido nítrico de presión dual se opera sin un compresor de aire, lo que reduce el consumo de energía de la planta.

Por lo tanto, puede considerarse que el problema a resolver por la presente invención es proporcionar una planta de ácido nítrico de presión dual con consumo de energía reducido.

Se considera que la solución a este problema propuesta en la reivindicación 1 de la presente solicitud implica una actividad inventiva (Sección 33(3) PCT) por las siguientes razones:

El documento D2 divulga una planta de ácido nítrico de presión dual que comprende la provisión de un compresor centrífugo orientado a múltiples ejes por separado con aire de procesamiento y gas nitroso (D2: resumen).

A partir de D1, la persona del oficio de nivel medio no llegaría a una solución dentro del alcance de las reivindicaciones, dado que no hay enseñanza, sugerencia o indicio en D1, solo o en combinación con cualquiera de los otros documentos citados, que servirían como motivación para llevar a cabo las modificaciones necesarias, es decir, proporcionar un suministro separado de gas rico en oxígeno para permitir la eliminación del compresor de aire.

Por lo tanto, el objeto de acuerdo con la reivindicación 1 y reivindicaciones dependientes 2-8 cumple con los requisitos de la PCT con respecto a la etapa novedosa e inventiva (Sección 33(2), (3) PCT).

La reivindicación 9 divulga un método para producir ácido nítrico a consumo de energía reducido y emisiones reducidas en una planta de producción de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-8, que comprenden la etapa de mezclar la primera cola con el gas rico en oxígeno. Con respecto a la novedad y la etapa inventiva, los mismos argumentos se aplican mutatis mutandis al objeto de acuerdo con la reivindicación 9 y reivindicaciones

dependientes 10-16.

La reivindicación 17 divulga el uso de la planta de producción de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-8 para realizar el método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9-16.

Con respecto a la etapa novedosa e inventiva, los mismos argumentos se aplican mutatis mutandis al objeto de acuerdo con la reivindicación 17.

La reivindicación 18 divulga un método para renovar una planta de producción existente para producir ácido nítrico que comprende un compresor de aire, en donde en el proceso de renovación el compresor de aire se reemplaza por, por ejemplo, medios para dividir el gas de cola en una corriente de gas de cola primera y segunda, en donde la primera corriente de gas de cola está en comunicación fluida con el gas rico en oxígeno.

Con respecto a la novedad y la actividad inventiva, los mismos argumentos se aplican mutatis mutandis al objeto de acuerdo con la reivindicación 18, que por lo tanto, se considera novedoso e inventivo (Sección 33(2), (3) PCT).



SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

NIT: 800.176.089-2

COMPROBANTE DE RECAUDO SISTEMA SIPI

Radicado: NC2024/0001279
Recibo: 24-23795
Fecha: 02/04/2024

POSSE HERRERA
NI: 830.022.196
Pago PSE No: 948468
CUS: 550388168

Patente PCT
SISTEMA DE DOBLE PRESIÓN PARA PRODUCIR ÁCIDO NÍTRICO Y PROCEDIMIENTO DE
FUNCIONAMIENTO DEL MISMO

Detalle del pago

Id.	Rentístico	Concepto y Servicio	Cant.	Val. Unit.	Subtotal
1	50005-01-03	Modificaciones / Correcciones al registro Patente PCT (DESCUENTO INTERNET)	1	\$ 214,000	\$ 214,000
2	50005-01-02	Pago unitario reivindicacion adicional patente de invencion (A partir de de undí½cima reivindicacion) (DESCUENTO INTERNET)	7	\$ 54,000	\$ 378,000
TOTAL					\$ 592,000