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 NOx/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 NOx/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 NOx 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 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 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 NOx;
- un compresor de gas NOx para comprimir la corriente gaseosa de NOx, para producir una corriente de gas NOx comprimida a una presión P2;
- una torre de absorción para absorber los gases NOx de la corriente de gas NOx comprimida en agua, para producir una corriente de ácido nítrico crudo que contiene gas NOx 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 NOx/vapor y el gas de cola;
    - un segundo enfriador/condensador de gas adicional, para separar y condensar vapor de la corriente de gas NOx comprimida, para producir una corriente de gas NOx 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 NOx 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 NOx;
- 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 NOx 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 NOx 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 NOx 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 NOx 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 NOx 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 NOx 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.

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 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 NOx en el compresor de gas NOx, lo que proporciona la corriente de gas NOx 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 NOx 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. 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 NOx 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 NOx/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 NOx 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.