

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 389 580**

51 Int. Cl.:

F25J 3/04

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09743200 .9**

96 Fecha de presentación: **08.04.2009**

97 Número de publicación de la solicitud: **2297536**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **23.03.2011**

54 Título: **Método y aparato para separar aire**

30 Prioridad:
07.05.2008 US 116547

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
29.10.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
29.10.2012

73 Titular/es:
PRAXAIR TECHNOLOGY, INC. (100.0%)
39 Old Ridgebury Road
Danbury, CT 06810, US

72 Inventor/es:
HOWARD, HENRY, EDWARD;
JIBB, RICHARD, JOHN y
LARSON, KIRK, FREDERICK

74 Agente/Representante:
DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 389 580 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCION

Método y aparato para separar aire.

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un método y a un aparato para separar una corriente que contiene oxígeno y nitrógeno, por ejemplo aire, utilizando una columna de alta presión y una de baja presión, en el que la ebullición en la columna de baja presión se produce en dos o más localizaciones. Más particularmente, la presente invención se refiere a un método tal en el que una porción del aire de alimentación se condensa sustancialmente para producir la ebullición en el fondo de la columna de baja presión, otra porción del aire, que se alimenta a baja presión, proporciona ebullición en la columna de baja presión por encima de la producida por la porción del aire alimentado para producir la ebullición del fondo y al menos ambas corrientes de alimentación de aire se destilan, al menos en parte, en la columna de alta presión.

Antecedentes de la invención

15 En recientes desarrollos relacionados con la generación de energía eléctrica se usa oxígeno en la gasificación del carbón y en la combustión del combustible oxigenado. Típicamente, el oxígeno se genera en una planta de separación de aire por rectificación criogénica de aire. La planta de separación de aire requiere que el aire sea comprimido y, por lo tanto, es deseable que tal gasto de energía sea tan pequeño como sea posible para maximizar la cantidad de energía eléctrica que está disponible para usos fuera de la planta.

20 Las plantas de separación criogénica del aire emplean típicamente una columna de alta presión y una columna de baja presión. El aire de entrada se comprime e introduce en la columna de alta presión. El aire de alimentación es rectificado para producir una corriente de cabeza y una corriente de la cola de la columna de oxígeno líquido bruto. La corriente de cola de oxígeno líquido bruto de la columna se refina adicionalmente en la columna de baja presión para producir un líquido rico en oxígeno que se lleva a ebullición condensando en la columna de alta presión la corriente de cabeza rica en nitrógeno. La condensación de la corriente de cabeza rica en nitrógeno produce líquido rico en nitrógeno que se usa para mantener en reflujo tanto la columna de alta presión como la columna de baja presión. Parte del líquido rico en nitrógeno puede separarse como producto.

30 Dado tal enlace térmico entre la columna de alta presión y la columna de baja presión, la presión operacional de la columna de alta presión tiene que ajustarse para que el líquido rico en oxígeno sea capaz de condensar el vapor rico en nitrógeno de la columna de alta presión. Dicho esto, la energía real consumida depende fuertemente de la eficacia con la que se introduce el flujo energía/vapor en las secciones inferiores de la columna de baja presión en las cuales el nitrógeno se extrae del líquido rico en oxígeno que desciende. En la producción de oxígeno de baja pureza, que sería de uso en ciclos de gasificación y combustión de carbón oxigenado, la eficacia de la sección de agotamiento del nitrógeno está lejos de la ideal dando lugar a ineficacias y, por lo tanto, a una oportunidad de reducir el consumo energético en la separación de aire.

35 En una unidad convencional de dos columnas, el aire de alimentación se comprime dentro de un intervalo relativamente fijo. La columna de alta presión y la columna de baja presión están térmicamente acopladas tal que el nitrógeno de la corriente de cabeza de la columna de alta presión hace que la corriente de cola de la columna de alta presión entre en ebullición.

Por el documento JP-A-0896961 se conoce un método de producir un producto oxígeno a partir de una corriente de alimentación que comprende oxígeno y nitrógeno, comprendiendo dicho método:

- 40
- Enfriar una primera parte de la corriente de alimentación dentro de una zona principal de intercambio de calor;
 - Enfriar una segunda parte de la corriente de alimentación dentro de una zona principal de intercambio de calor, comprimir la segunda parte enfriada de la corriente de alimentación hasta una presión mayor que la de la primera parte, enfriar parcialmente la segunda parte comprimida de la corriente de alimentación dentro de la zona principal de intercambio de calor, expandir la segunda parte comprimida de la corriente de alimentación e introducirla en una columna de baja presión de un sistema de columnas de destilación;
 - Introducir dicha primera parte de la corriente de alimentación en una columna de alta presión del sistema de columnas de destilación;
 - Vaporizar parcialmente una primera corriente de oxígeno líquido bruto compuesta principalmente de la corriente de cola de la columna de oxígeno líquido bruto producida en la columna de alta presión a través de un intercambio de calor indirecto con una corriente rica en nitrógeno compuesta de la corriente de cabeza de la columna rica en nitrógeno producida en la columna de alta presión, produciendo de este modo una corriente que contiene nitrógeno líquido utilizada como reflujo para la columna de alta presión y la columna de baja presión;
- 50

- Separar las fases de líquido y vapor de la primera corriente de oxígeno líquido bruto después de haber sido parcialmente vaporizada para formar una corriente de vapor de oxígeno bruto y una segunda corriente de oxígeno líquido bruto;

5 - Introducir la corriente de vapor de oxígeno bruto y la corriente que contiene oxígeno en la columna de baja presión;

10 - Producir la ebullición dentro de una porción de la corriente de cola de la columna de baja presión vaporizando al menos parcialmente la corriente de cola de la columna de líquido rico en oxígeno producida dentro de la columna de baja presión por intercambio de calor indirecto con la corriente constituida, al menos en parte, de la segunda parte de la corriente de alimentación, efectuando de este modo una condensación sustancial de la misma; y

- Formar una corriente de producto oxígeno a partir de líquido o de vapor residual, producida vaporizando al menos parcialmente la corriente de cola de líquido rico en oxígeno de la columna.

15 La patente de EE.UU. nº 5.551.258 describe un método de separación de aire que produce oxígeno de baja pureza en el que la corriente de cabeza de la columna de alta presión y la base de la columna de baja presión están eficazmente desacopladas. En una realización, el aire es comprimido sucesivamente a mayores presiones para producir una corriente de aire de alta presión y una corriente de aire de baja presión. La corriente de aire de alta presión hace entrar en ebullición a la corriente de cola de la columna de baja presión y la corriente de la columna de baja presión hace que entre en ebullición una localización intermedia de la sección de agotamiento de nitrógeno de la columna de baja presión. Ambas corrientes son por lo tanto licuadas o, por lo menos, sustancialmente

20 condensadas e introducidas en la columna de alta presión para su rectificación. Una corriente de oxígeno líquido bruto de la columna de alta presión es subenfriada y luego parcialmente vaporizada condensando parte del reflujo requerido para la columna de alta presión. El oxígeno líquido bruto vaporizado resultante se separa en fases y las fases de líquido y de vapor se introducen en porciones sucesivamente superiores de la columna de baja presión más que en la sección de agotamiento de nitrógeno.

25 Como puede apreciarse, los calderines intermedios presentes en la columna de baja presión representan un gasto porque la columna de baja presión tiene que ser necesariamente fabricada más alta para acomodar los calderines. Adicionalmente, añadir el oxígeno líquido bruto directamente en las porciones superiores de la columna de baja presión no aumenta la eficiencia de la sección de agotamiento de nitrógeno. De hecho, por medio de esta introducción directa se incurre en un mezclado adicional irreversiblemente.

30 Como se tratará, la presente invención proporciona un método y un aparato para la producción de oxígeno de baja pureza, el cual es menos caro de fabricar que por la técnica anterior y además mejora la eficiencia de la sección de agotamiento de la columna de baja presión.

Sumario de la invención

35 La presente invención proporciona un método para producir un producto oxígeno a partir de una corriente de alimentación que comprende oxígeno y nitrógeno como se define en la reivindicación 1. Según el método, una primera parte de la corriente de alimentación es parcialmente condensada y una corriente constituida, al menos en parte, de una segunda parte de la corriente de alimentación es condensada. La condensación parcial de la primera parte y la condensación sustancial de la segunda parte se producen después de que la primera parte de la corriente de alimentación haya sido comprimida, la segunda parte de la corriente de alimentación haya sido comprimida a una

40 mayor presión que la de la primera parte de la corriente de alimentación y la primera parte de la corriente de alimentación y la segunda parte de la corriente de alimentación sean enfriadas dentro de una zona principal de intercambio de calor. La primera parte de la corriente de alimentación es condensada e introducida en la columna de alta presión de un sistema de columnas de destilación. El líquido que procede de la condensación de la corriente constituida, al menos en parte, por la segunda parte de la corriente de alimentación es rectificado dentro de la columna de alta presión y una columna de baja presión del sistema de columnas de destilación.

45 Una primera corriente de oxígeno líquido bruto principalmente compuesta de una corriente de cola de la columna de oxígeno líquido bruto de la columna de alta presión es parcialmente vaporizada por medio de intercambio indirecto de calor con una corriente rica en nitrógeno compuesta de la corriente de cabeza de la columna rica en nitrógeno producida en la columna de alta presión, produciendo de este modo una corriente que contiene nitrógeno líquido. La corriente que contiene nitrógeno líquido es utilizada como reflujo de la columna de alta presión y la columna de baja presión.

50 Las fases de líquido y de vapor se separan de la primera corriente de oxígeno líquido bruto, después de haber sido parcialmente vaporizada, para formar una corriente de vapor de oxígeno bruto y una segunda corriente de oxígeno líquido bruto. Una corriente que contiene oxígeno que está constituida, al menos en parte, por la segunda corriente de oxígeno líquido bruto se pasa en intercambio de calor indirecto con la primera parte de la corriente de alimentación. Esto afecta a la condensación de la primera parte de la corriente de alimentación y vaporiza, al menos

55 parcialmente, a la corriente que contiene oxígeno. La corriente de vapor de oxígeno bruto se introduce junto con la corriente que contiene oxígeno, después de que haya sido, al menos parcialmente vaporizada, en puntos

5 sucesivamente más bajos que la columna de baja presión. Debe señalarse que la introducción de la corriente que contiene oxígeno puede introducirse como una única corriente en la columna de baja presión o, alternativamente, pueden separarse fracciones de líquido y vapor e introducirse como dos corrientes separadas en la columna de baja presión. Cuando se usa en la presente memoria y en las reivindicaciones, el término "introducción", cuando se usa en conexión con la introducción de la corriente que contiene oxígeno en la columna de baja presión quiere, por lo tanto, decir que se cubren ambas posibilidades.

10 La ebullición se produce dentro de una porción inferior de la columna de baja presión vaporizando al menos parcialmente una corriente de cola de la columna de líquido rico en oxígeno producida dentro de la columna de baja presión por intercambio de calor indirecto con la corriente, constituida al menos en parte, por la segunda parte de la corriente de alimentación. Esto efectúa la condensación de la corriente constituida, al menos en parte, de la segunda parte de la corriente de alimentación. La corriente de producto oxígeno se forma a partir de líquido o vapor residual producido a partir de la vaporización, al menos parcial, de la corriente de cola de la columna de líquido rico en oxígeno.

15 De la columna de baja presión puede retirarse una corriente de líquido que contiene oxígeno y nitrógeno en un punto de introducción de la corriente de vapor de oxígeno bruto. La corriente de líquido que contiene oxígeno y nitrógeno puede combinarse con una segunda corriente de oxígeno líquido bruto para formar la corriente que contiene oxígeno. La corriente de cola de la columna de líquido rico en oxígeno puede vaporizarse parcialmente dentro de un intercambiador de calor localizado fuera de la columna de baja presión. El vapor obtenido por ebullición se separa del líquido residual contenido en la corriente de cola de líquido rico en oxígeno de la columna después de haber sido parcialmente vaporizada. Una corriente de vapor obtenida por ebullición es introducida en la región de cola de la columna de baja presión para producir la ebullición y como la corriente de producto oxígeno se utiliza una corriente del líquido residual.

20 La corriente de producto oxígeno puede bombearse y vaporizarse dentro de la principal zona de intercambio de calor. La primera parte de la corriente de alimentación es comprimida hasta una primera presión y la segunda parte de la corriente de alimentación es comprimida hasta una segunda presión mayor que la primera presión. Una tercera parte de la corriente de alimentación puede además comprimirse hasta una tercera presión mayor que la segunda presión e introducirse en la zona principal de intercambio de calor para efectuar la vaporización de la corriente de producto oxígeno después de haber sido bombeada. Una primera porción de la tercera parte de la corriente de alimentación se extrae de la zona principal de intercambio de calor después de haber sido parcialmente enfriada y se expande dentro de un turboexpansor para producir una corriente de escape que a su vez se introduce en la columna de baja presión. Una segunda porción de la tercera parte de la corriente de alimentación puede enfriarse completamente y licuarse dentro de la zona principal de intercambio de calor y expandirse hasta la segunda presión para permitir su combinación con la segunda parte de la corriente de alimentación.

25 La corriente que contiene nitrógeno líquido puede dividirse en una primera parte y en una segunda parte. La primera parte de la corriente que contiene nitrógeno líquido mantiene el reflujo en la columna de baja presión y la segunda parte de la corriente que contiene nitrógeno líquido mantiene el reflujo en la columna de alta presión. Una corriente de producto nitrógeno que está compuesta de la corriente de cabeza de la columna que contiene nitrógeno de la columna de baja presión puede usarse para subenfriar la segunda parte de la corriente que contiene nitrógeno líquido, la primera corriente de cola de oxígeno líquido bruto y la corriente constituida, al menos en parte, de la segunda parte de la corriente de alimentación después de haber sido condensada a través de un intercambio de calor indirecto con la misma. La corriente constituida, al menos en parte, de la segunda parte de la corriente de alimentación después de haber sido subenfriada, puede dividirse en una primera y una segunda corrientes subsidiarias. Cada una de la primera corriente de cola de oxígeno bruto de la columna, la segunda parte de la corriente que contiene nitrógeno líquido y la primera y segunda corrientes subsidiarias pueden expandirse. La primera y segunda corrientes subsidiarias se introducen a continuación en la columna de alta presión y en la columna de baja presión, respectivamente. La corriente de producto nitrógeno se introduce en la zona principal de intercambio de calor y se calienta completamente.

30 En una realización, la primera parte de la corriente de alimentación y la segunda parte de la corriente de alimentación pueden comprimirse hasta la primera presión y la segunda presión, respectivamente, comprimiendo la corriente de alimentación en un primer compresor y purificando la corriente de alimentación de los contaminantes de mayor punto de ebullición. La corriente de alimentación se divide, después de haber sido purificada, en la primera parte de la corriente de alimentación y en la segunda parte de la corriente de alimentación. La segunda parte de la corriente de alimentación puede comprimirse en un segundo compresor. Adicionalmente, la tercera parte de la corriente de alimentación puede comprimirse en un tercer compresor.

35 En otro aspecto, la presente invención proporciona un aparato para producir un producto oxígeno a partir de una corriente de alimentación que comprende oxígeno y nitrógeno como se define en la reivindicación 8. Según este aspecto de la presente invención, se proporciona un primer compresor para comprimir una primera parte de la corriente de alimentación hasta una primera presión y se emplea un segundo compresor para comprimir una segunda parte de la corriente de alimentación hasta una segunda presión. La segunda presión es mayor que la primera presión.

Una primera zona de intercambio de calor está en comunicación por flujo con el primer compresor y el segundo compresor y está configurada para enfriar la primera parte de la corriente de alimentación y la segunda parte de la corriente de alimentación a través de intercambio indirecto de calor con corrientes de retorno producidas por rectificación criogénica de aire. Las corrientes de retorno incluyen una corriente de producto oxígeno compuesta del producto oxígeno.

Un primer intercambiador de calor está interpuesto entre la zona principal de intercambio de calor y una columna de alta presión de un sistema de columnas de destilación que comprende la columna de alta presión y la columna de baja presión. El primer intercambiador de calor está configurado para condensar parcialmente la primera parte de la corriente de alimentación por medio de intercambio indirecto de calor con una corriente que contiene oxígeno formada, al menos en parte, a partir de una segunda corriente de oxígeno líquido bruto. Esto vaporiza, al menos parcialmente, a la corriente que contiene oxígeno. El primer intercambiador de calor está conectado a la columna de alta presión con el fin de introducir la primera parte de la corriente de alimentación en la columna de alta presión después de haber sido parcialmente condensada dentro del primer intercambiador de calor.

Se proporciona un segundo intercambiador de calor en comunicación por flujo con la primera zona de intercambio de calor y la columna de baja presión del sistema de columnas de destilación. El segundo intercambiador de calor está configurado para condensar una corriente constituida, al menos en parte, de la segunda parte de la corriente de alimentación a través de intercambio indirecto de calor con la corriente de cola de líquido rico en oxígeno de la columna producida por dentro de la columna de baja presión. El intercambio de calor vaporiza, al menos parcialmente, la corriente de cola de líquido rico en oxígeno de la columna. El segundo intercambiador de calor está en comunicación por flujo con la columna de alta presión y la columna de baja presión para introducir en la columna de alta presión y en la columna de baja presión una primera y una segunda porción de la corriente constituida, al menos en parte, por la segunda parte de la corriente de alimentación, después de la condensación en el segundo intercambiador de calor, respectivamente. Esto rectifica el líquido resultante de la condensación sustancial.

Un tercer intercambiador de calor está conectado con la columna de destilación de alta presión y está configurado para vaporizar una primera corriente de oxígeno líquido bruto principalmente compuesta por la corriente de cola de la columna de oxígeno líquido bruto producida en la columna de alta presión por medio del intercambio de calor indirecto con una corriente rica en nitrógeno compuesta por la corriente de cabeza de la columna rica en nitrógeno en la columna de alta presión. El tercer intercambiador de calor también está en comunicación por flujo tanto con la columna de alta como de baja presión de modo que la columna de baja presión esté en reflujo con una primera parte de la corriente que contiene nitrógeno líquido y la columna de alta presión esté en reflujo con una segunda parte de la corriente que contiene nitrógeno líquido.

Un separador de fases está conectado al tercer intercambiador de calor para separar las fases de líquido y de vapor de la primera corriente de oxígeno líquido bruto después que haya sido parcialmente vaporizada para formar una corriente de vapor de oxígeno bruto y la segunda corriente de oxígeno líquido bruto. El separador de fases y el primer intercambiador de calor también están conectados con la columna de baja presión del sistema de columnas de destilación tal que la corriente de vapor de oxígeno bruto y la corriente que contiene oxígeno después de que haya sido al menos parcialmente vaporizada se introducen en puntos sucesivamente más bajos en la columna de baja presión. El segundo intercambiador de calor también está en comunicación por flujo con la columna de baja presión tal que la ebullición se produce dentro de la porción del fondo de la columna de baja presión por medio de la vaporización, al menos parcial, de una corriente de cola de líquido rico en oxígeno. El segundo intercambiador de calor también está en comunicación por flujo con la primera zona de intercambio de calor tal que la corriente de producto oxígeno está formada a partir de líquido o vapor residual producidos por la vaporización, al menos parcial, de la corriente de cola de la columna de líquido rico en oxígeno y se introduce en la primera zona de intercambio de calor.

Puede conectarse un primer conducto a la columna de baja presión tal que una corriente que contiene oxígeno y nitrógeno se retira de la columna de baja presión en un punto de introducción de la corriente de vapor de oxígeno bruto. Puede conectarse un segundo conducto entre el separador de fases y el primer intercambiador de calor y estar conectado al primer conducto tal que la corriente que contiene oxígeno y nitrógeno se combina con la segunda corriente de oxígeno líquido bruto aguas arriba del primer intercambiador de calor para formar la corriente que contiene oxígeno.

El separador de fases puede ser un primer separador de fases. Puede conectarse un segundo separador de fases con el segundo intercambiador de calor para separar vapor en el punto de ebullición del líquido residual contenido en la corriente de cola de la columna de oxígeno líquido rico en oxígeno después de que haya sido al menos parcialmente vaporizada. El segundo separador de fases está conectado con la región de cola de la columna de baja presión para que se introduzca una corriente de vapor en su punto de ebullición en la región de cola de la columna de baja presión para producir la ebullición. El segundo separador de fases también está en comunicación por flujo con la zona principal de intercambio de calor a fin de introducir una corriente del líquido residual en la zona principal de intercambio de calor y formar de este modo la corriente de producto oxígeno.

Puede posicionarse una bomba para presurizar la corriente de producto oxígeno. La bomba está conectada a la zona principal de intercambio de calor de modo que la corriente de producto oxígeno se vaporiza dentro de la zona

principal de intercambio de calor después que haya sido presurizada. Puede conectarse un tercer compresor a la zona principal de intercambio de calor para comprimir una tercera parte de la corriente de alimentación hasta una tercera presión, mayor que la segunda presión, para efectuar la vaporización de la corriente de producto oxígeno después que haya sido bombeada. La zona principal de intercambio de calor está configurada tal que una primera porción de la tercera parte de la corriente de alimentación es descargada de la zona principal de intercambio de calor después de haber sido parcialmente enfriada. Puede conectarse un dispositivo de expansión a la zona principal de intercambio de calor para que la primera porción de la tercera parte de la corriente de alimentación se expanda, para producir de este modo una corriente de escape. El dispositivo de expansión también está conectado con la columna de baja presión para que la corriente de escape sea introducida en la columna de baja presión. La zona principal de intercambio de calor también está configurada tal que una segunda porción de la tercera parte de la corriente de alimentación sea completamente enfriada y licuada dentro de la zona principal de intercambio de calor. Puede conectarse un dispositivo de expansión a la zona principal de intercambio de calor y en comunicación por flujo con el segundo intercambiador de calor tal que la segunda porción de la tercera parte de la corriente de alimentación se expanda hasta la segunda presión y se combine con la segunda parte de la corriente de alimentación aguas arriba del segundo intercambiador de calor.

Puede conectarse una unidad de subenfriamiento a la porción superior de la columna de baja presión, el segundo intercambiador de calor, la columna de alta presión y el tercer intercambiador de calor. La unidad de subenfriamiento está configurada tal que una corriente de producto nitrógeno compuesta de una corriente de la cabeza de la columna rica en nitrógeno de la columna de baja presión subenfrié la segunda parte de la corriente de líquido que contiene nitrógeno, la corriente de cola de la columna de oxígeno líquido bruto y una corriente constituida, al menos en parte, de la segunda parte de la corriente de alimentación después de que haya sido condensada. La unidad de subenfriamiento también está en comunicación por flujo con las columnas de alta y baja presión tal que la corriente constituida, al menos en parte, de la segunda parte de la corriente de alimentación después de que haya sido subenfriada, sea dividida en una primera y una segunda corrientes subsidiarias y se introducen en la columna de alta y de baja presión. Pueden interponerse una primera y una segunda válvula de expansión entre la unidad de subenfriamiento y las columnas de alta y baja presión para expandir la primera y segunda corrientes subsidiarias hasta la columna de alta y de baja presión, respectivamente. La unidad de subenfriamiento también está conectada con la zona principal de intercambio de calor tal que la corriente de producto nitrógeno se introduzca en la zona principal de intercambio de calor y se caliente completamente.

Puede conectarse una unidad de purificación al primer compresor para purificar la corriente de alimentación de los contaminantes de mayor punto de ebullición. El segundo compresor puede conectarse a la unidad de purificación tal que la corriente de alimentación, después de que haya sido purificada, sea dividida en la primera parte de la corriente de alimentación y la segunda parte de la corriente de alimentación a comprimir en el segundo compresor.

También puede conectarse un tercer compresor a la unidad de purificación tal que la corriente de alimentación, después de que haya sido purificada, sea también dividida en la tercera parte de la corriente de alimentación y la tercera parte de la corriente de alimentación sea comprimida en el tercer compresor.

Breve descripción del dibujo

Aunque la memoria descriptiva concluye con reivindicaciones que distintivamente señalan la materia objeto que los solicitantes consideran como su invención, se cree que la invención se entenderá mejor cuando se toma en conexión con la única figura que ilustra una vista esquemática de una planta de separación de aire para llevar a cabo un método según la presente invención.

Descripción detallada

Con referencia a la figura 1, se ilustra un aparato 1 que separa aire u otra corriente que contiene oxígeno y nitrógeno para producir un producto oxígeno según la presente invención. El aparato 1 está diseñado para producir un producto oxígeno de baja pureza, es decir, un producto que tiene una pureza de oxígeno de entre aproximadamente 90 por ciento y aproximadamente 98,5 por ciento. Como se tratará, la ebullición se proporciona dentro de la columna de baja presión por condensación de porciones del aire de alimentación. Como resultado, el producto oxígeno de baja pureza tiene una mayor concentración de argón que la que existiría en una unidad de columnas de destilación en la cual el nitrógeno de la corriente de cabeza de la columna de alta presión hace que la corriente de cola de la columna de baja presión entre en ebullición.

Según la realización ilustrada, una corriente 10 de alimentación está compuesta de oxígeno y nitrógeno, por ejemplo aire. Se proporciona un primer compresor 12 como un compresor base de la carga de aire para comprimir la corriente 10 de alimentación hasta una presión absoluta en un intervalo de entre aproximadamente 2,5 bar y aproximadamente 3,0 bar. El primer compresor 12 de aire puede comprender múltiples etapas de compresión y/o de refrigeración intermedias. Después de la compresión, la corriente 10 de aire de alimentación se enfría adicionalmente en un equipo de refrigeración 14 posterior hasta cerca de la temperatura ambiente. Seguidamente, la corriente 10 de alimentación puede enfriarse más en un equipo de refrigeración 16 posterior refrigerado el cual puede comprender un equipo de refrigeración o un intercambiador de calor de contacto directo, ambos de los cuales

pueden usar combinaciones de agua a temperatura ambiente o enfriada para absorber el calor de compresión y para reducir el contenido de humedad del aire comprimido.

5 La corriente 10 de alimentación resultante comprimida y enfriada puede purificarse dentro de una unidad 18 de prepurificación para separar los contaminantes de alto punto de ebullición tales como la humedad, el dióxido de carbono e hidrocarburos. Como es bien conocido en la técnica, la unidad de prepurificación contiene típicamente lechos de alúmina y/o tamiz molecular que operan según un ciclo de adsorción por oscilación de temperatura y/o presión en el cual son adsorbidas la humedad y otras impurezas de alto punto de ebullición. Mientras un lecho está en operación otro lecho es regenerado.

10 Después de que haya sido comprimida y purificada, la corriente 10 de alimentación es dividida en una primera parte 20, una segunda parte 22 y una tercera parte 23. La segunda parte 22 de la corriente 10 de alimentación es comprimida en un segundo compresor 24 y la tercera parte 23 de la corriente 10 de alimentación es comprimida en un tercer compresor 26. El segundo compresor 24 puede comprimir la segunda parte 22 de la corriente 10 de alimentación hasta una presión absoluta de entre aproximadamente 4 y aproximadamente 4,5 bar. El tercer compresor 26 comprime la tercera parte 23 de la corriente 10 de alimentación hasta una presión aún mayor. El
15 segundo compresor 24 y el tercer compresor 26 pueden comprender cada uno múltiples etapas de compresión con etapas intermedias de refrigeración entre ellas.

20 La primera parte 20 de la corriente 10 de alimentación y la segunda parte 22 de la corriente 10 de alimentación y la tercera parte 23 de la corriente 10 de alimentación, después de la eliminación del calor de compresión mediante los equipos de refrigeración 28 y 30 posteriores, respectivamente, se introducen en un intercambiador de calor principal 32. Como puede apreciarse, es posible comprimir separadamente cada una de las corrientes anteriormente mencionadas. La primera parte 20 de la corriente 10 de alimentación es enfriada hasta cerca de la saturación en el intercambiador de calor principal 32 y existe cerca de su temperatura de saturación. Tal corriente se condensa entonces parcialmente dentro de un intercambiador de calor 34. Una fracción típica del vapor de salida está en el intervalo de entre aproximadamente 75 por ciento y aproximadamente 95 por ciento. La corriente resultante
25 parcialmente condensada se introduce a continuación en una columna 36 de alta presión para servir como la alimentación gaseosa principal a dicha columna. Como puede apreciarse, después de la condensación parcial, la primera parte 20 de la corriente 10 de alimentación podría separarse en fases y las fracciones respectivas de vapor y de líquido podrían alimentarse independientemente en la columna 36 de alta presión.

30 Ha de advertirse que ya que la primera parte 20 de la corriente 10 de alimentación constituye la porción principal de la alimentación al aparato 1, se ahorra energía que de otra manera sería gastada en la compresión porque tal corriente no es comprimida más. Por otra parte, puesto que la presión a la cual tal corriente es comprimida es mucho más baja que la de una unidad de columnas de destilación convencional, se consigue un ahorro de energía adicional. La tercera parte 23 de la corriente 10 de alimentación después de haber sido comprimida adicionalmente, se enfría, preferiblemente parcialmente, dentro del intercambiador de calor principal 32 y se divide en una primera
35 fracción 28 y una segunda fracción 40. La segunda fracción 40 es así parcialmente enfriada y puede introducirse en un equipo de turboexpansión 42 para producir una corriente de escape 44 que se introduce en una columna 46 de baja presión. Cuando se usa en la presente memoria y en las reivindicaciones, la expresión "parcialmente enfriada" quiere decir enfriada hasta una temperatura entre los extremos caliente y frío del intercambiador de calor principal 32. Ha de advertirse que la refrigeración puede generarse de varias formas. En la realización ilustrada se usa la expansión del aire de la columna superior. Sin embargo, una porción de la corriente 76 rica en nitrógeno, a tratar, podría ser expandida para fines similares. Podrían usarse otros métodos conocidos. Además, el trabajo de expansión del eje puede usarse de varias formas, por ejemplo, para amplificar la compresión del aire o impulsar un generador de velocidad variable o fija.

45 Aunque no ilustrados, los compresores 24 y 26 podrían estar integrados. Estas etapas de compresión pueden integrarse en un único mecanismo con un motor combinado. Alternativamente, la compresión puede integrarse en el compresor 12 de carga base. Todas las etapas de compresión pueden ser impulsadas por el mismo motor. Para aplicaciones en plantas muy grandes puede ser ventajoso comprimir dos corrientes separadas, por ejemplo, la segunda parte 22 de la corriente 10 de alimentación y la tercera parte 23 de la corriente 10 de alimentación pueden comprimirse independientemente de la primera parte 20 de la corriente 10 de alimentación. En esta disposición,
50 puede ser ventajoso emplear unidades 18 de prepurificación separadas. Cada tren de compresión poseería sus propios medios de refrigeración y pretratamiento.

La primera fracción 38 se enfría completamente. Sirve para vaporizar una corriente de oxígeno líquido bombeada a tratar y como tal, en la realización ilustrada se licúa. Luego se reduce la presión de la primera fracción 38 mediante una válvula 124 de expansión y se combina con la segunda parte 22 de la corriente 10 de alimentación para producir
55 una corriente combinada 48 que es condensada dentro de un intercambiador de calor 50. La corriente combinada 48 condensada resultante se pasa a continuación a través de una unidad 52 de subenfriamiento y se divide en una primera porción 54 y una segunda porción 56. La primera porción 54 es expandida dentro de una válvula 58 de expansión hasta una presión compatible con la de la columna 36 de alta presión y se introduce en una de sus localizaciones intermedias. La segunda porción 56 es expandida mediante una válvula 60 de expansión y se introduce en la columna 46 de baja presión.
60

La columna 36 de alta presión y la columna 46 de baja presión se llaman así porque la columna 36 de alta presión trabaja a una presión mayor que la columna 46 de baja presión. Ambas columnas contienen elementos de contacto para favorecer la transferencia de materia tales como un empaquetamiento estructurado, un empaquetamiento al azar o bandejas de platos perforados. Con respecto a la columna 36 de alta presión, se ilustran los elementos 62 y 64 de empaquetamiento estructurado. Los elementos 66, 68, 70 y 72 de empaquetamiento estructurado se ilustran para la columna 46 de baja presión. La introducción de una primera parte 20 de la corriente 10 de alimentación en la columna 36 de alta presión junto con la primera fracción 54 de la corriente combinada 48 produce una fase ascendente de vapor y una fase descendente de líquido dentro de la columna 36 de alta presión. La fase ascendente de vapor se hace cada vez más rica en los componentes de menor punto de ebullición o más volátiles cuando asciende y la fase descendente de líquido se hace cada vez más rica en los componentes de mayor punto de ebullición para producir una corriente 74 de cola de la columna de oxígeno líquido bruto y una corriente de la cabeza de la columna rica en nitrógeno.

Parte de la corriente de cabeza de la columna rica en nitrógeno se extrae como una corriente 76 rica en nitrógeno que es condensada dentro de un intercambiador de calor 78 para producir una corriente 80 que contiene nitrógeno líquido. Una primera parte 82 de la corriente 80 que contiene nitrógeno líquido se usa para mantener a reflujo la columna 46 de baja presión y una segunda parte 84 de la corriente 80 que contiene nitrógeno líquido se usa para mantener a reflujo la columna 36 de alta presión. La primera parte 82 de la corriente 80 que contiene nitrógeno líquido es subenfriada dentro de una unidad 86 de subenfriamiento y a continuación se reduce su presión mediante una válvula 88 de expansión antes de su introducción en la columna 46 de baja presión como reflujo.

Una primera corriente 90 de oxígeno líquido bruto compuesta de la corriente 74 de cola de la columna de oxígeno líquido bruto se subenfria dentro de la unidad 92 de subenfriamiento y luego se reduce su presión y temperatura mediante una válvula 94 de expansión. La primera corriente de oxígeno líquido bruto se pasa a continuación a través de un intercambiador de calor 78 para condensar la corriente 76 rica en nitrógeno. Esto vaporiza parcialmente la primera corriente 90 de oxígeno líquido bruto que tiene una fracción de vapor en un intervalo de entre aproximadamente 70 por ciento y aproximadamente 90 por ciento. Las fases de líquido y de vapor se separan de la primera corriente 90 de oxígeno líquido bruto después de su vaporización parcial en un separador de fases 96. Esta separación produce una segunda corriente 98 de oxígeno líquido bruto y una corriente 100 de vapor de oxígeno bruto. La corriente 100 de vapor de oxígeno bruto se introduce en la columna 46 de baja presión.

Una corriente 102 de líquido que contiene oxígeno y nitrógeno puede retirarse de la columna 46 de baja presión en un punto de recogida de líquido en o cerca de la introducción de la corriente 100 de vapor de oxígeno bruto y luego combinarse con la segunda corriente 98 de oxígeno líquido bruto para producir una corriente 104 que contiene oxígeno. Aunque no se ilustra específicamente, un primer conducto vendría desde el punto de recogida de líquido de la columna de baja presión y se uniría con un segundo conducto que viene del separador de fases 96. Para este fin puede emplearse una bomba mecánica (no mostrada) (si la disposición de la caja fría dicta su necesidad). Sin embargo, esto es opcional y la corriente 104 que contiene oxígeno podría estar constituida enteramente por una segunda corriente 98 de oxígeno líquido bruto.

La corriente 104 que contiene oxígeno se introduce en el intercambiador de calor 34 para condensar parcialmente la primera parte 20 de la corriente 10 de alimentación dando lugar a la vaporización parcial de la corriente 104 que contiene oxígeno. Es posible una realización de la presente invención en la cual la corriente 104 de intercambio de calor es completamente vaporizada. En cualquier caso de vaporización parcial, es posible una vaporización de la corriente 104 de intercambio de calor de al menos aproximadamente 50 por ciento. Sin embargo, se prefiere una vaporización de entre aproximadamente 70 por ciento y aproximadamente 90 por ciento. La corriente 104 que contiene oxígeno se introduce seguidamente en la columna 72 de baja presión por debajo del punto de introducción de la corriente 100 de vapor de oxígeno bruto para extraer el nitrógeno de la fase de líquido descendente dentro de la columna 46 de baja presión.

La ebullición se produce dentro de la columna 46 de baja presión vaporizando parcialmente una corriente 106 de cola de la columna de líquido rico en oxígeno por medio de un intercambio indirecto de calor con la corriente combinada 48 dentro del intercambiador de calor 50. El vapor en su punto de ebullición se separa del líquido residual contenido dentro de la corriente 106 de cola de la columna de líquido rico en oxígeno dentro de un separador de fases 108 para producir líquido residual 110 y una corriente 112 de vapor en su punto de ebullición que se vuelve a introducir en la región de cola de la columna 46 de baja presión. Sin embargo, se entiende que en una posible realización de la presente invención, la corriente 106 de cola de la columna de líquido rico en oxígeno podría ser completamente vaporizada. La corriente 114 de líquido residual se bombea dentro de una bomba 116 y luego es completamente vaporizada dentro del intercambiador de calor principal 32 para producir la corriente 118 de producto oxígeno. Otra posibilidad es producir una corriente de producto oxígeno vaporizado.

Ha de advertirse que la vaporización convencional de oxígeno líquido bombeado es opcional. Cuando se requiere oxígeno a presión, el oxígeno líquido bombeado producido bombeando la corriente 114 de líquido residual puede calentarse y vaporizarse dentro de una caldera de producto segregado o dentro de pasos diseñados en el intercambiador integrados en el intercambiador de calor principal 32. A este respecto, la expresión "zona principal de intercambio de calor" se usa en la presente memoria y en las reivindicaciones para englobar una caldera de producto segregado, un único intercambiador de calor principal 32 como se ilustra y también, en el cual sus

extremos caliente y frío son unidades separadas. En una realización preferida, todos los intercambiadores de calor 34, 50 y 78 trabajan en una manera de “un solo paso”. En particular, el fluido de ebullición pasa a través de intercambiador solamente una vez. A continuación, al menos la fracción de vapor se dirige hacia el sistema de columnas (a diferencia de en una caldera/termosifón recirculada). En el diseño de intercambiadores de calor de aluminio soldado, se sabe en la técnica combinar intercambiadores de calor en un único paquete. Por ejemplo, tal método puede emplearse en la integración de los intercambiadores de calor 78 y 50 o, alternativamente, de los intercambiadores de calor 34 y 50. Además, el intercambiador de calor objeto puede incorporarse con el separador de fases 96 ó 108 asociado.

Alternativamente, el uso de evaporadores de película descendente (es decir, flujo descendente) puede emplearse para reducir los respectivos acercamientos de temperatura en los diversos intercambiadores de calor 34, 50 y 78. El uso de un evaporador de flujo descendente es de particular utilidad para el intercambiador de calor 78. Puesto que el nitrógeno condensa a esencialmente presión y temperatura constantes, el tipo de intercambiador es independiente de la dirección del flujo (no hay ninguna penalización termodinámica por emplear un intercambiador de flujo descendente en tal servicio). En el caso de la evaporación en flujo descendente, la ruta/dirección de flujo preferida es probablemente en corriente directa – el fluido rico en oxígeno entra en ebullición en la misma dirección en la que fluye la corriente que condensa. Debe advertirse que los evaporadores de flujo descendente pueden emplear opcionalmente una pequeña bomba de recirculación con el fin de mantener la humectación completa de la superficie de intercambio de calor.

Hay numerosas opciones con respecto al diseño y operación de los diversos intercambiadores de calor 34, 50 y 78. Por ejemplo, el intercambiador de calor 34 puede alternativamente emplear una corriente de líquido tomada del colector de líquido localizado justo por encima del punto de introducción de la corriente 100 de vapor de oxígeno bruto. Esta corriente de líquido puede combinarse con la segunda corriente 98 de oxígeno líquido bruto antes o después del intercambiador de calor 78. Tal enfoque puede ser ventajoso desde el punto de vista de controlar el funcionamiento del condensador y mantener un valor fijo de evaporación dentro del intercambiador 78. A este respecto, en general la fracción de vapor de salida del intercambiador de calor 78 estará en un intervalo de entre aproximadamente 70 por ciento y aproximadamente 90 por ciento.

Una corriente 120 de producto nitrógeno compuesta de la corriente de cabeza de la columna que contiene nitrógeno de la columna 46 de baja presión se pasa a continuación secuencialmente en la unidad 86 de intercambio de calor, la unidad 92 de intercambio de calor y la unidad 52 de intercambio de calor, para subenfriar la primera parte 82 de la corriente de líquido que contiene nitrógeno, la primera corriente 90 de cola de la columna de oxígeno líquido bruto y la corriente combinada 48, respectivamente. La corriente 120 de producto nitrógeno es seguidamente completamente calentada dentro del intercambiador de calor principal 32 para producir una corriente 122 de producto nitrógeno caliente. Ha de advertirse que una porción, típicamente aproximadamente 15 por ciento de la corriente 120 de producto nitrógeno, podría usarse para facilitar la regeneración de lechos adsorbentes dentro de la unidad 16 de prepurificación.

Con el fin de reducir más el consumo de energía del proceso, la presión de la columna 46 de baja presión puede reducirse adicionalmente hasta cerca de la presión ambiente. Con el fin de generar suficiente presión dentro de la porción de la corriente 120 de producto nitrógeno que se usa en parte para la regeneración de lechos adsorbentes, puede emplearse una soplante para amplificar la presión de tal porción, aproximadamente, 20,7 kPa. Cuando se reduce la presión de la columna, los respectivos valores K aumentan facilitando la separación del aire. En tales casos, una fracción creciente de aire puede dirigirse al intercambiador de calor 34 en el cual se produce la condensación parcial para de este modo disminuir más el consumo energético del ciclo.

En muchos casos habrá necesidad de un nitrógeno de mayor pureza. En tales casos puede incorporarse un “sombbrero de copa” (etapa adicional de la columna) en las columnas 36 y 46 de alta y/o baja presión con el fin de generar nitrógeno de alta pureza que contenga menos que 10 ppm de oxígeno. Tal adaptación puede introducirse independientemente de los cambios necesarios para implantar la invención objeto.

Para ilustrar la operación de la invención objeto, en la tabla siguiente se muestra una simulación del proceso de la realización ilustrada. La simulación del proceso incluye la corriente 104 que contiene oxígeno que está constituida tanto por la segunda corriente 98 de oxígeno líquido bruto como por la corriente 102 de líquido que contiene oxígeno y nitrógeno. Ha de advertirse que los respectivos flujos han sido normalizados al flujo total de aire de la caja fría, es decir, la corriente 10 de alimentación.

ES 2 389 580 T3

Tabla							
Corriente	Fracción de flujo	Fracción de vapor	Presión absoluta Bar	Temperatura °C	Fracción en moles		
					Nitrógeno	Argón	Oxígeno
Corriente de escape 44	0,0365	1,000	1,34	-180,2	0,7811	0,0093	0,2095
Corriente 102 de líquido que contiene oxígeno y nitrógeno	0,0771	0,000	1,34	-187,7	0,3843	0,0261	0,5896
Corriente 104 que contiene oxígeno después del intercambiador de calor 34	0,1575	0,800	1,35	-184,4	0,3937	0,0217	0,5846
Primera corriente 90 de oxígeno líquido bruto después del intercambiador de calor 78	0,4703	0,829	1,34	-187,9	0,6618	0,0134	0,3249
Primera fracción 38 de la tercera parte 23 de la corriente 10 de alimentación	0,2800	0,000	5,97	-175,4	0,7811	0,0093	0,2095
Corriente 120 de producto nitrógeno	0,7859	1,000	1,31	-193,3	0,9879	0,0042	0,0079
Corriente 106 de cola de la columna de líquido rico en oxígeno	0,3488	0,386	1,35	-180,9	0,0432	0,0327	0,9241
Corriente 104 de líquido residual	0,2141	0,000	1,35	-180,9	0,0218	0,0282	0,9500
Primera parte 20 de la corriente 10 de alimentación después del intercambiador de calor principal 32	0,5260	1,000	2,60	-177,8	0,7811	0,0093	0,20955
Primera parte 20 de la corriente 10 de alimentación después del intercambiador de calor 34	0,5260	0,767	2,56	-183,4	0,7811	0,0093	0,2095
Primera parte 82 de la corriente 80 que contiene nitrógeno líquido	0,2773	0,000	2,49	-187,1	0,9835	0,0025	0,0140
Segunda parte 22 de la corriente 10 de alimentación después del intercambiador de calor principal 32	0,1575	0,970	3,95	-177,7	0,7811	0,0093	0,2095
Corriente combinada 48 después del intercambiador de calor 50	0,4375	0,000	3,92	-180,1	0,7811	0,0093	0,2095
Primera porción 54 de la corriente combinada 48 condensada	0,2216	0,000	3,92	-183,7	0,7811	0,0093	0,2095

REIVINDICACIONES

1. Un método de producir un producto oxígeno a partir de una corriente (10) de alimentación que comprende oxígeno y nitrógeno, comprendiendo dicho método:

5 Condensar parcialmente una primera parte (20) de la corriente (10) de alimentación y condensar una corriente constituida, al menos en parte, de una segunda parte (22) de la corriente de alimentación después de que la primera parte de la corriente de alimentación haya sido comprimida, la segunda parte de la corriente de alimentación haya sido comprimida hasta una mayor presión que la de la primera parte de la corriente de alimentación y la primera parte de la corriente de alimentación y la segunda parte de la corriente de alimentación se enfrían dentro de una zona (32) principal de intercambio de calor;

10 Introducir dicha primera parte (29) de la corriente de alimentación en una columna (36) de alta presión de un sistema de columnas de destilación;

Rectificar el líquido procedente de la condensación de la corriente constituida, al menos en parte, de la segunda corriente de alimentación en la columna (36) de alta presión y una columna (46) de baja presión del sistema de columnas de destilación;

15 Vaporizar parcialmente una primera corriente (90) de oxígeno líquido bruto compuesta principalmente de la corriente de cola (74) de la columna de oxígeno líquido bruto producida en la columna (36) de alta presión por medio del intercambio indirecto de calor con una corriente (76) rica en nitrógeno compuesta de la corriente de cabeza de la columna rica en nitrógeno producida en la columna (36) de alta presión, produciendo de este modo una corriente (80) que contiene nitrógeno líquido utilizada como reflujo para la columna (36) de alta presión y la columna (46) de baja presión;

20 Separar las fases de líquido y vapor de la primera corriente (90) de oxígeno líquido bruto después de que haya sido parcialmente vaporizada para formar una corriente (100) de vapor de oxígeno y una segunda corriente (98) de oxígeno líquido bruto;

25 Pasar una corriente que contiene oxígeno constituida, al menos en parte, por la segunda corriente de oxígeno líquido bruto, en intercambio de calor indirecto con la primera parte de la corriente de alimentación, para de este modo efectuar la condensación parcial de la primera parte de la corriente de alimentación y vaporizar, al menos parcialmente, la corriente que contiene oxígeno;

Introducir la corriente (100) de vapor de oxígeno y la corriente que contiene oxígeno, después de que haya sido al menos parcialmente vaporizada, en puntos sucesivamente más bajos en la columna (46) de baja presión;

30 Producir la ebullición dentro de una porción de cola de la columna (46) de baja presión vaporizando al menos parcialmente una corriente de cola (106) de la columna de líquido rico en oxígeno por intercambio indirecto de calor con la corriente (48) constituida, al menos en parte, por una segunda parte (22) de la corriente (10) de alimentación, efectuando de este modo su condensación sustancial; y

35 Formar una corriente (118) de producto oxígeno a partir del líquido (114) residual o del vapor producido vaporizando al menos parcialmente la corriente de cola (106) de la columna de líquido rico en oxígeno.

2. El método según la reivindicación 1, en el que:

Una corriente (102) de líquido que contiene oxígeno y nitrógeno se retira de la columna (46) de baja presión en un punto de introducción de la corriente (100) de vapor de oxígeno bruto; y

40 La corriente (102) de líquido que contiene oxígeno y nitrógeno se combina con la segunda corriente (98) de oxígeno líquido bruto para formar la corriente (104) que contiene oxígeno.

3. El método según la reivindicación 1, en el que:

La corriente (114) de producto oxígeno se bombea y vaporiza dentro de la zona (32) principal de intercambio de calor;

45 La primera parte (20) de la corriente (10) de alimentación se comprime hasta una primera presión y la segunda parte (22) de la corriente (10) de alimentación se comprime hasta una segunda presión mayor que la primera presión;

Una tercera parte (23) de la corriente (10) de alimentación se comprime adicionalmente hasta una tercera presión, mayor que la segunda presión, y se introduce en la zona (32) principal de intercambio de calor para efectuar la vaporización de la corriente (114) de producto oxígeno después de que haya sido bombeada;

50 Una primera porción (40) de la tercera parte (23) de la corriente (10) de alimentación se retira de la zona (32) principal de intercambio de calor después de que haya sido parcialmente enfriada y expandida dentro del

dispositivo de turboexpansión (42) para producir una corriente (44) de escape que a su vez se introduce en la columna (46) de baja presión;

5 Una segunda porción (38) de la tercera parte (23) de la corriente (10) de alimentación se enfría y licúa completamente dentro de la zona (32) principal de intercambio de calor, se expande hasta una segunda presión y se combina con la segunda parte (22) de la corriente (10) de alimentación.

4. El método según la reivindicación 1 ó 3, en el que:

La corriente de cola (106) de la columna de líquido rico en oxígeno se vaporiza parcialmente dentro de un intercambiador de calor (50) localizado fuera de la columna (46) de baja presión;

10 El vapor (112) generado por ebullición se separa del líquido residual (110) contenido en la corriente de cola (106) de la columna de líquido rico en oxígeno después de que haya sido parcialmente vaporizada;

Se introduce una corriente (112) de vapor generado por ebullición en la región de cola de la columna (46) de baja presión para producir la ebullición; y

Se utiliza una corriente (114) del líquido residual (110) como la corriente (118) de producto oxígeno.

5. El método según la reivindicación 3, en el que:

15 La corriente (80) que contiene nitrógeno líquido se divide en una primera parte (82) y una segunda parte (84);

La primera parte (82) de la corriente (80) que contiene nitrógeno líquido hace que refluya la columna (46) de baja presión y la segunda parte (84) de la corriente (80) que contiene nitrógeno líquido hace que refluya la columna (36) de alta presión;

20 Una corriente (120) de producto nitrógeno compuesta de una corriente de cabeza de la columna que contiene nitrógeno de la columna (46) de baja presión subenfria la primera parte (82) de la corriente (80) que contiene nitrógeno líquido, la primera corriente (90) de cola de la columna de oxígeno líquido bruto y la corriente (48) constituida, al menos en parte, por la segunda parte (22) de la corriente (10) de alimentación después de que haya sido condensada por medio de intercambio de calor indirecto con la misma;

25 La corriente (48) constituida, al menos en parte, por la segunda parte (22) de la corriente (10) de alimentación después de que haya sido subenfriada, se divide en una primera (54) y en una segunda (56) corrientes subsidiarias;

Cada una de la primera corriente de cola (90) de la columna de oxígeno líquido bruto, la segunda parte (84) de la corriente (80) que contiene nitrógeno líquido y la primera (54) y segunda (56) corrientes subsidiarias son expandidas;

30 La primera (54) y segunda (56) corrientes subsidiarias se introducen, respectivamente, en la columna (36) de alta presión y en la columna (46) de baja presión; y

La corriente (120) de producto nitrógeno se introduce en la zona (32) principal de intercambio de calor y se calienta completamente.

35 6. El método según la reivindicación 3, en el que la primera parte (20) de la corriente (10) de alimentación y la segunda parte (22) de la corriente de alimentación se comprimen hasta la primera presión y la segunda presión, respectivamente, por:

Compresión de la corriente (10) de alimentación en un primer compresor (12) y purificación de la corriente de alimentación de los contaminantes de mayor punto de ebullición;

40 División de la corriente (10) de alimentación, después de que haya sido purificada, en la primera parte (20) de la corriente de alimentación y la segunda parte (22) de la corriente de alimentación; y

Compresión de la segunda parte (22) de la corriente de alimentación en un segundo compresor (24).

7. El método según la reivindicación 3, en el que la primera parte (20) de la corriente (10) de alimentación, la segunda parte (22) de la corriente de alimentación y la tercera parte (23) de la corriente de alimentación se comprimen hasta la primera presión, la segunda presión y la tercera presión, respectivamente, por:

45 Compresión de la corriente (10) de alimentación en un primer compresor (12) y purificación de la corriente de alimentación de los contaminantes de mayor punto de ebullición;

División de la corriente (10) de alimentación, después de que haya sido purificada, en la primera parte (20) de la corriente de alimentación, la segunda parte (22) de la corriente de alimentación y la tercera parte (23) de la corriente de alimentación;

Compresión de la segunda parte (22) de la corriente de alimentación en un segundo compresor (24), y

Compresión de la tercera parte (23) de la corriente de alimentación en un tercer compresor (26).

8. Un aparato (1) para producir un producto oxígeno a partir de una corriente (10) de alimentación que comprende oxígeno y nitrógeno, comprendiendo dicho aparato:

5 Un primer compresor (12) para comprimir una primera parte (20) de la corriente (10) de alimentación hasta una primera presión y un segundo compresor (24) para comprimir una segunda parte (22) de la corriente de alimentación hasta una segunda presión, siendo la segunda presión mayor que la primera presión;

10 Una zona (32) principal de intercambio de calor en comunicación por flujo con el primer compresor (12) y el segundo compresor (24), configurada para enfriar la primera parte (20) de la corriente de alimentación y la segunda parte (22) de la corriente (10) de alimentación por medio de intercambio de calor indirecto con las corrientes (114, 120) de retorno producidas por rectificación criogénica del aire y que incluyen una corriente (114) de producto oxígeno compuesta del producto oxígeno;

15 Un primer intercambiador de calor (34) interpuesto entre la zona (32) principal de intercambio de calor y una columna (36) de alta presión de un sistema de columnas de destilación que comprende la columna (36) de alta presión y una columna (46) de baja presión, el primer intercambiador de calor (34) configurado para condensar parcialmente la primera parte (20) de la corriente (10) de alimentación por medio de intercambio de calor indirecto con una corriente (104) que contiene oxígeno formada, al menos en parte, a partir de una segunda corriente (98) de oxígeno líquido bruto, para de este modo vaporizar, al menos parcialmente, la corriente (104) que contiene oxígeno, estando el primer intercambiador de calor (34) conectado a la columna (36) de alta presión para introducir la primera parte (20) de la corriente (10) de alimentación después de que haya sido parcialmente condensada dentro del primer intercambiador de calor (34) en la columna (36) de alta presión;

20 Un segundo intercambiador de calor (50) en comunicación por flujo con la zona (32) principal de intercambio de calor y la columna (46) de baja presión del sistema de columnas de destilación y configurado para condensar una corriente (48) constituida, al menos en parte, por la segunda parte (22) de la corriente (10) de alimentación por medio de intercambio de calor indirecto con una corriente de cola (106) de la columna de líquido rico en oxígeno compuesta de una corriente de cola líquido rico en oxígeno de la columna producida en la columna (46) de baja presión, para de este modo vaporizar, al menos parcialmente, la corriente de cola (106) de la columna de líquido rico en oxígeno;

25 El segundo intercambiador de calor (50) en comunicación por flujo con la columna (36) de alta presión y la columna (46) de baja presión para introducir una primera (54) y una segunda (56) porción de la corriente (48) constituida, al menos en parte, por la segunda parte (22) de la corriente (10) de alimentación, después de la condensación en el intercambiador de calor (5), en la columna (36) de alta presión y la columna (46) de baja presión, respectivamente, para de este modo rectificar el líquido resultante a partir de su condensación sustancial;

30 Un tercer intercambiador de calor (78) conectado a la columna (36) de destilación de alta presión y configurado para vaporizar parcialmente una primera corriente (90) de oxígeno líquido bruto, compuesta principalmente de la corriente de cola (74) de oxígeno líquido bruto de la columna producida en la columna (36) de alta presión por medio de intercambio indirecto de calor con una corriente (76) rica en nitrógeno compuesta de la corriente de cabeza de la columna rica en nitrógeno producida en la columna (36) de alta presión, produciendo de este modo una corriente (80) que contiene nitrógeno líquido;

35 El tercer intercambiador de calor (78) también en comunicación por flujo tanto con la columna (36) de alta presión como con la columna (46) de baja presión, para que la columna (46) de baja presión sea mantenida a reflujo con una primera parte (82) de la corriente (80) que contiene nitrógeno líquido y la columna (36) de alta presión sea mantenida a reflujo con una segunda parte (84) de la corriente (80) que contiene nitrógeno líquido;

40 Un separador de fases (96) conectado al tercer intercambiador de calor (78) para separar las fases de líquido y de vapor de la primera corriente (90) de oxígeno líquido bruto después de que haya sido parcialmente vaporizada para formar una corriente (100) de vapor de oxígeno bruto y la segunda corriente (98) de oxígeno líquido bruto;

45 El separador de fases (96) y el primer intercambiador de calor (34) también están conectados con la columna (46) de baja presión del sistema de columnas de destilación tal que la corriente (100) de vapor de oxígeno bruto y la corriente (104) que contiene oxígeno, después de que haya sido parcialmente vaporizada, se introducen en puntos sucesivamente inferiores en la columna (46) de baja presión; y

50 El segundo intercambiador de calor (50) también está en comunicación por flujo con la columna (46) de baja presión tal que se produce la generación de vapor por ebullición dentro de una porción de cola de la columna (46) de baja presión por medio de la vaporización, al menos parcial, de una corriente de cola (106) de la columna de líquido rico en oxígeno, y en comunicación por flujo con la zona (32) principal de intercambio de

calor tal que se forma la corriente (118) de producto oxígeno a partir del líquido o del vapor residual producidos por la vaporización, al menos parcial, de la corriente de cola (106) de la columna de líquido rico en oxígeno y se introduce en la zona (32) principal de intercambio de calor.

9. El aparato según la reivindicación 8, que comprende:

5 Un primer conducto conectado con la columna (46) de baja presión tal que se retire una corriente (102) que contiene oxígeno y nitrógeno de la columna (46) de baja presión en un punto de introducción de la corriente (100) de vapor de oxígeno bruto; y

10 Un segundo conducto conectado entre el separador de fases (96) y el primer intercambiador de calor (34) y conectado al primer conducto tal que la corriente (102) que contiene oxígeno y nitrógeno se combine con la segunda corriente (98) de oxígeno líquido bruto aguas arriba del primer intercambiador de calor (34) para formar la corriente (104) que contiene oxígeno.

10. El aparato según la reivindicación 8, en el que:

El separador de fases (96) es un primer separador de fases;

15 Un segundo separador de fases (108) está conectado al segundo intercambiador de calor (50) para separar el vapor generado por ebullición del líquido residual (110) contenido en la corriente de cola (106) de la columna de líquido rico en oxígeno después de que haya sido parcialmente vaporizada;

El segundo separador de fases (108) está conectado a la región de cola de la columna (46) de baja presión para que una corriente (112) de vapor generado por ebullición se introduzca en la región de cola de la columna (46) de baja presión para producir la ebullición; y

20 El segundo separador de fases (108) está también en comunicación por flujo con la zona (32) principal de intercambio de calor para introducir una corriente (114) del líquido residual (110) en la zona (32) principal de intercambio de calor, para de este modo formar la corriente (118) de producto oxígeno.

11. El aparato según la reivindicación 8, en el que:

25 Una bomba (116) está posicionada para presurizar la corriente (114) de producto oxígeno, estando la bomba (116) conectada a la zona (32) principal de intercambio de calor para que la corriente (114) de producto oxígeno, después de haber sido presurizada, se vaporice dentro de la zona (32) principal de intercambio de calor;

30 Un tercer compresor (26) está conectado a la zona (32) principal de intercambio de calor para comprimir una tercera parte (23) de la corriente (10) de alimentación a una tercera presión, mayor que la segunda presión, para efectuar la vaporización de la corriente (114) de producto oxígeno después de que haya sido bombeada;

La zona (32) principal de intercambio de calor está configurada tal que una primera porción (40) de la tercera parte (23) de la corriente (10) de alimentación sea descargada desde la zona (32) principal de intercambio de calor después de que haya sido parcialmente enfriada;

35 Un dispositivo de expansión (42) está conectado a la zona (32) principal de intercambio de calor para que la primera porción (40) de la tercera parte (23) de la corriente (10) de alimentación se expanda, para de este modo producir una corriente (44) de escape, estando el dispositivo de expansión (42) también conectado a la columna (46) de baja presión para que la corriente (44) de escape, sea introducida en la columna (46) de baja presión;

40 La zona (32) principal de intercambio de calor está también configurada tal que una segunda porción (38) de la tercera parte (23) de la corriente (10) de alimentación se enfría y licúa completamente dentro de la zona (32) principal de intercambio de calor, y

Un dispositivo de expansión (124) está conectado a la zona (32) principal de intercambio de calor y en comunicación por flujo con el segundo intercambiador de calor (50) tal que la segunda porción (38) de la tercera parte (23) de la corriente (10) de alimentación se expanda hasta la segunda presión y se combine con la segunda parte (22) de la corriente (10) de alimentación aguas arriba del segundo intercambiador de calor (24).

45 12. El aparato según la reivindicación 11, en el que:

El separador de fases (96) es un primer separador de fases;

Un segundo separador de fases (108) está conectado al segundo intercambiador de calor (50) para separar el vapor generado por ebullición del líquido residual (110) contenido en la corriente de cola (106) de la columna de líquido rico en oxígeno después de que haya sido parcialmente vaporizada;

El segundo separador de fases (108) está conectado a la región de cola de la columna (46) de baja presión para que una corriente (112) de vapor generado por ebullición se introduzca en la región de cola de la columna (46) de baja presión para producir la ebullición; y

5 El segundo separador de fases (108) está también en comunicación por flujo con la zona (32) principal de intercambio de calor para introducir una corriente (114) del líquido residual (110) en la zona (32) principal de intercambio de calor, para de este modo formar la corriente (118) de producto oxígeno.

13. El aparato según la reivindicación 11, en el que:

10 Una unidad de subenfriamiento (52, 86, 92) está conectada a la porción superior de la columna (46) de baja presión, el segundo intercambiador de calor (50), la columna (36) de alta presión y el tercer intercambiador de calor (78) y está configurada tal que una corriente (120) de producto nitrógeno compuesta de una corriente de cabeza de la columna que contiene nitrógeno de la columna (46) de baja presión subenfrié la primera parte (82) de la corriente (80) de líquido que contiene nitrógeno, la primera corriente (90) de cola de la columna de oxígeno líquido bruto y la corriente (48) constituida, al menos en parte, por la segunda parte (22) de la corriente (10) de alimentación después de que haya sido condensada;

15 La unidad de subenfriamiento (52, 86, 92) también está en comunicación en flujo con las columnas de alta y baja presión (36, 46) tal que la corriente (48) constituida, al menos en parte, por la segunda parte (22) de la corriente (10) de alimentación después de que haya sido subenfriada, se divida en una primera (54) y una segunda (56) corrientes subsidiarias y se introduzcan en las columnas de alta y baja presión (36, 46);

20 Una primera (58) y una segunda (60) válvulas de expansión están interpuestas entre la unidad de subenfriamiento (52, 86, 92) y las columnas de alta y baja presión (36, 46) para expandir la primera (54) y la segunda (56) corrientes subsidiarias hasta la presión de la columna de alta presión y la presión de la columna de baja presión; y

25 La unidad de subenfriamiento (52, 86, 92) también está conectada a la zona (32) principal de intercambio de calor tal que la corriente (120) de producto nitrógeno se introduzca en la zona (32) principal de intercambio de calor y se caliente completamente.

14. El aparato según la reivindicación 8, en el que:

Una unidad de purificación (18) está conectada al primer compresor (12) para purificar la corriente (10) de alimentación de los contaminantes de mayor punto de ebullición; y

30 El segundo compresor (24) está conectado a la unidad de purificación (18) tal que la corriente (10) de alimentación, después de que haya sido purificada, se divida en la primera parte (20) de la corriente de alimentación y la segunda parte (22) de la corriente de alimentación se comprime en el segundo compresor (24).

35 15. El aparato según la reivindicación 11, en el que el tercer compresor (26) también está conectado con la unidad de purificación (18) tal que la corriente (10) de alimentación, después de que haya sido purificada, también se divide en la tercera parte (23) de la corriente de alimentación y la tercera parte de la corriente de alimentación se comprime en el tercer compresor (26).

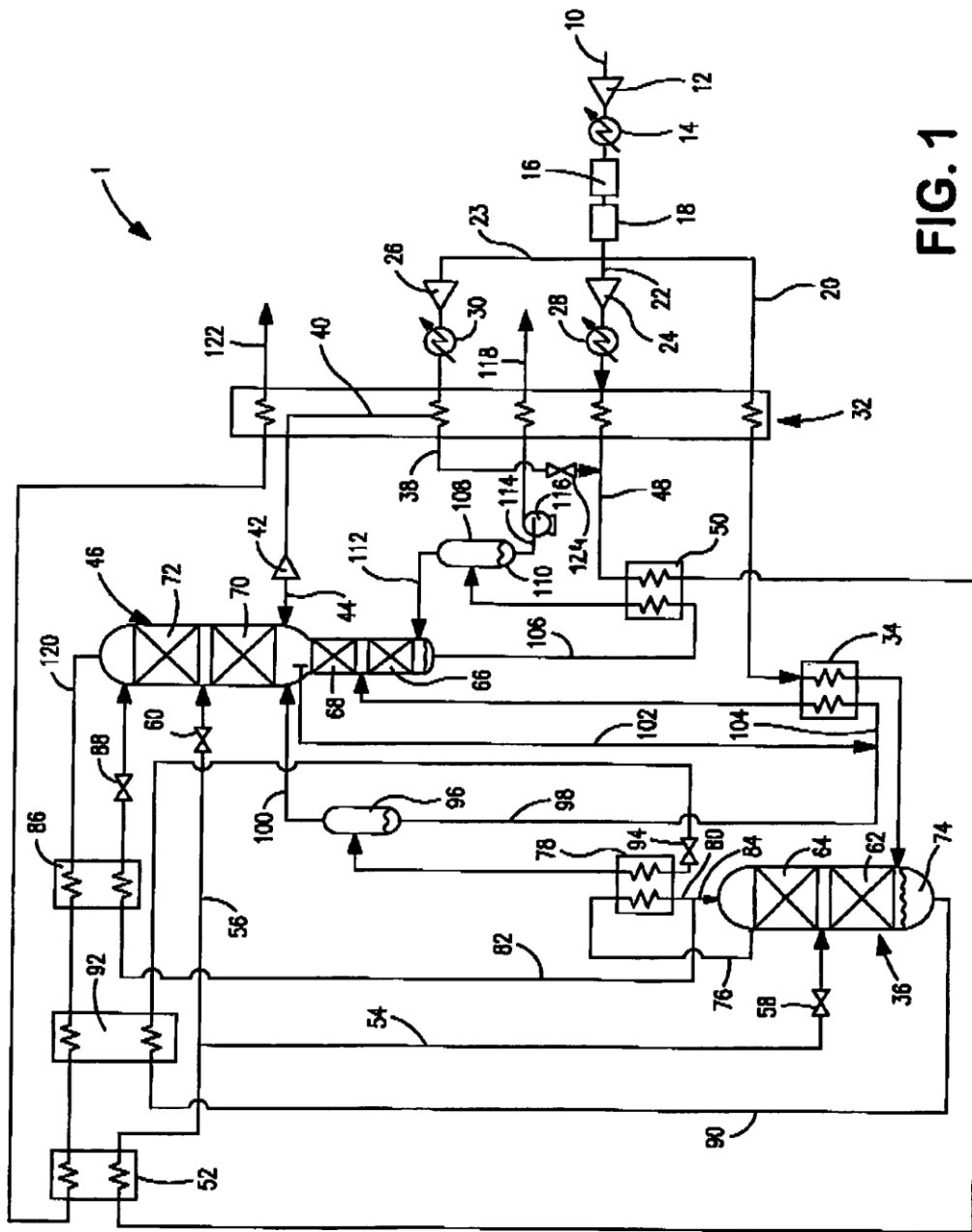


FIG. 1