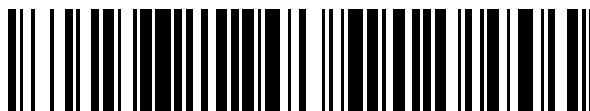


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 383 781**

51 Int. Cl.:
F25J 3/04

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09773952 .8**
96 Fecha de presentación: **12.05.2009**
97 Número de publicación de la solicitud: **2307835**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **13.04.2011**

54 Título: **Reacondicionamiento de licuador de nitrógeno para una planta de separación de aire**

30 Prioridad:
30.06.2008 US 164269

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
26.06.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
26.06.2012

73 Titular/es:
Praxair Technology, Inc.
39 Old Ridgebury Road
Danbury, CT 06810, US

72 Inventor/es:
PARSNICK, David Ross y
SKARE, Todd Alan

74 Agente/Representante:
de Elzaburu Márquez, Alberto

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).

ES 2 383 781 T3

DESCRIPCIÓN

Reacondicionamiento de licuador de nitrógeno para una planta de separación de aire.

5 Campo de la Invención

La presente invención se refiere a un método de actualización, modificación o reacondicionamiento de una planta existente de separación de aire con un licuador de nitrógeno en el que vapor rico en nitrógeno, producido en una columna de alta presión asociada funcionalmente con la columna de baja presión en una relación de transferencia de calor, es licuado y reintroducido en la columna de alta presión para aumentar el reflujo en la columna de alta presión y la producción de unos productos de fondo de columna ricos en oxígeno de la columna de baja presión, permitiendo o aumentando con ello la producción de líquido de productos de oxígeno líquido y posiblemente otros productos líquidos de plantas de separación de aire.

15 Antecedentes de la Invención

El aire puede ser separado en productos de oxígeno y nitrógeno dentro de una planta de separación de aire en la que el aire es rectificado de manera criogénica en productos ricos en oxígeno y nitrógeno y también posiblemente un producto de argón.

En tales plantas, el aire es comprimido, purificado de impurezas de punto de ebullición más alto, tales como dióxido de carbono, monóxido de carbono y vapor de agua, y a continuación enfriado en un intercambiador de calor principal a una temperatura apropiada para la rectificación de aire. Después de haber sido enfriado, al aire es introducido en una columna de alta presión en la que se produce una fase de vapor ascendente que resulta incluso más rica en nitrógeno. Los productos resultantes de la parte alta de la columna, ricos en nitrógeno, son condensados para producir una fase líquida descendente que resulta incluso más rica en oxígeno. Las fases líquida y de vapor son puestas en contacto por elementos de contacto de transferencia de masa que pueden ser bandejas o empaquetamiento estructurado o, posiblemente, empaquetamiento aleatorio. En cualquier caso, el contacto produce unos productos de fondo de columna líquidos ricos en crudo en la columna de alta presión que son ricos en oxígeno.

Una corriente de los productos de fondo de columna líquidos ricos en crudo es introducida a continuación en la columna de baja presión para ser refinada adicionalmente en unos fondos de columna líquidos ricos en oxígeno que se recogen en la columna de baja presión y unos productos de parte alta de columna ricos en nitrógeno que se forman en la columna de baja presión. La columna de alta presión y la columna de baja presión están funcionalmente asociadas en una relación de transferencia de calor por un rehervidor de condensador o un condensador principal que está normalmente situado dentro de la base de la columna de baja presión. El líquido rico en oxígeno es en parte vaporizado con una corriente de vapor rica en nitrógeno producida a partir de los productos de vapor de la parte alta de la columna, ricos en nitrógeno. La corriente de vapor rica en nitrógeno es condensada en el condensador contra la vaporización del líquido rico en oxígeno para producir una corriente líquida rica en nitrógeno que es utilizada en el reflujo tanto de la columna de alta presión como se la columna de baja presión. Parte de dicha corriente líquida rica en nitrógeno puede ser tomada como un producto. Los productos de oxígeno y nitrógeno pueden ser retirados de las columnas de alta y baja presión y pasan a través del intercambiador de calor principal para ayudar a enfriar el aire entrante.

También puede ser producido un producto de argón extrayendo una corriente rica en argón de la columna de baja presión y rectificando dicha corriente en una columna de argón. El producto rico en argón se recoge como producto de parte alta de torre y se puede extraer una corriente del mismo. La columna de argón se somete a reflujo condensando algo del producto rico en argón con la corriente de oxígeno líquido crudo extraída de la columna de alta presión. Dependiendo del número de etapas de separación que existan dentro de la columna o columnas de argón, la pureza del argón puede ser tal que una gran fracción del oxígeno se separa del argón. Sin embargo, también se pueden producir productos de argón que sean adicionalmente refinados para eliminar oxígeno y nitrógeno residual dentro de un tal producto de argón.

Como es bien sabido en la técnica, tiene que ser comunicada refrigeración a la planta de rectificación criogénica para superar el calor y pérdidas del intercambiador de calor, así como fugas de calor a través del aislamiento de una caja de frío que es utilizada para alojar la columna tal como se ha descrito anteriormente. Esta refrigeración puede ser comunicada enfriando parcialmente parte del aire que se ha de rectificar dentro del intercambiador de calor principal y expandiendo el mismo en un turbo-expansor. El trabajo de expansión es extraído de la planta y el aire enfriado resultante es introducido en el fondo de la columna de alta presión. Adicionalmente, la refrigeración puede ser comunicada por un expansor conectado a la columna de baja presión. El grado al cual se comunica refrigeración a la planta de separación de aire determinará la cantidad de productos líquidos que pueden ser producidos, típicamente a partir de los productos líquidos del fondo de la columna ricos en oxígeno, producidos en la columna de baja presión, pero también posiblemente a partir de la corriente líquida rica en nitrógeno.

También se sabe que la refrigeración puede ser suministrada a una planta de separación de aire mediante licuadores de reciclado de nitrógeno. Un ejemplo de un tal licuador se puede encontrar en la patente U. S. 5.231.845. En esta patente, está ilustrado un licuador que incorpora compresores dobles elevadores o de refuerzo

de turbina, concretamente para proporcionar parámetros ventajosos de diseño de maquinaria y características efectivas de curva de enfriamiento. Nitrógeno a presión moderada procedente de la columna de alta presión, gas nitrógeno a presión moderada, procedente también de la columna de alta presión y después de haber sido completamente calentado dentro del sistema de intercambio de calor de la planta de separación de aire, y producto nitrógeno a baja presión extraído de la columna de baja presión son todos alimentados al licuador de nitrógeno. El nitrógeno líquido resultante puede ser hecho regresar a la parte superior de la columna de alta presión para proporcionar refrigeración para producir productos líquidos subenfriados de la planta de separación de aire. En la patente U. S. número 4.883.518 se retira vapor de nitrógeno de la columna de alta presión y se divide en dos corrientes, una corriente pasa a través de los intercambiadores de calor del licuador de nitrógeno y la otra corriente pasa a través de los intercambiadores de calor principales. Las dos corrientes de vapor de nitrógeno son introducidas en un compresor de reciclado y a continuación a través de una disposición de compresores dobles de refuerzo de turbina para producir una corriente de nitrógeno líquido que es introducida nuevamente en la columna de alta presión para producir productos líquidos de nitrógeno y de oxígeno.

El documento EP-A- 1873469, que puede ser considerado como la técnica anterior más próxima, describe una unidad de separación de aire con un licuador enfriado por LNQ para proporcionar refrigeración.

Como es evidente de la descripción precedente de las dos patentes de la técnica anterior, ninguna de ellas es particularmente conveniente para ser utilizada como una modificación de una planta existente de separación de aire debido al elevado grado requerido de integración necesaria para emplear los licuadores descritos en esas patentes. Como se explicará, la presente invención proporciona un método de modificar una planta existente de separación de aire con un licuador de nitrógeno que o bien permite o aumenta la posibilidad de extraer un producto de oxígeno líquido y, opcionalmente, un producto de nitrógeno líquido y puede aumentar la producción de argón cuando una planta es modificada con una columna de argón. Además, el licuador está integrado de una manera que no implica el alto grado de integración en la técnica anterior.

Sumario de la Invención

La presente invención proporciona un método de modificar una planta existente de separación de aire para producir o para aumentar la producción de al menos un producto líquido de acuerdo con la reivindicación 1.

De acuerdo con el método, el aire es separado dentro de la instalación existente de separación de aire. La planta existente de separación de aire tiene al menos columnas de alta y de baja presión funcionalmente asociadas entre sí en una relación de transferencia de calor. La planta existente de separación de aire es modificada conectando un licuador de nitrógeno a la columna de alta presión. El licuador de nitrógeno no tiene componentes en común con los componentes existentes de la citada planta existente de separación de aire.

El licuador de nitrógeno está conectado a la columna de alta presión de tal manera que el licuador de nitrógeno sólo recibe una corriente de vapor rica en nitrógeno de una parte superior de la columna de alta presión. La corriente de vapor rica en nitrógeno es licuada en el licuador de nitrógeno para producir una corriente líquida rica en nitrógeno y al menos una porción de la corriente líquida rica en nitrógeno es introducida en la columna de alta presión. Esto aumenta el reflujo de nitrógeno líquido a la columna de alta presión, la producción de un residuo de columna de oxígeno líquido crudo formado en la columna de alta presión y por lo tanto un líquido rico en oxígeno formado en una región de fondo de la columna de baja presión.

El al menos un producto líquido es extraído de la unidad de separación y comprende una corriente líquida rica en oxígeno compuesta de líquido rico en oxígeno.

Preferiblemente, dentro del licuador de nitrógeno, una corriente de vapor de nitrógeno, que comprende la corriente de vapor rica en nitrógeno, es calentada dentro de un intercambiador de calor, expandida a una presión de corriente de escape de una corriente de escape de turbina y combinada con la corriente de escape de turbina para producir una corriente combinada. La corriente combinada es comprimida en un compresor de reciclado y, después de la eliminación del calor de compresión, es dividida en una corriente fluida de refrigerante y una parte restante de la corriente combinada. La corriente fluida de refrigerante es comprimida en un compresor de refuerzo o elevador, enfriada parcialmente en el intercambiador de calor y después introducida en un turbo-expansor para generar la corriente de escape de turbina. La corriente de escape de turbina es calentada dentro del intercambiador de calor y combinada con la corriente de vapor rica en nitrógeno. La parte restante de la corriente combinada es enfriada dentro del intercambiador de calor y es expandida a la presión de la columna de alta presión. La corriente de líquido rica en nitrógeno está formada de al menos parte de la corriente combinada.

Preferiblemente, el trabajo de expansión del turbo-expansor proporciona potencia al compresor elevador. La expansión de la parte restante de la corriente combinada produce una corriente de dos fases y las fases líquida y vapor de la corriente de dos fases son disociadas para formar una corriente de fase de vapor y una corriente de fase líquida. La corriente de fase de vapor se combina con una corriente de vapor rica en nitrógeno para formar la corriente de vapor de nitrógeno antes de su introducción en el intercambiador de calor. La corriente de nitrógeno líquido está compuesta de la corriente de fase líquida.

Se puede extraer una corriente de producto de nitrógeno líquido que está constituida de una parte adicional de la corriente líquida rica en nitrógeno. La unidad de separación de aire puede estar provista también de una columna de argón conectada a la columna de baja presión para purificar una corriente rica en argón y para producir con ello una corriente de producto de argón. La parte adicional de la corriente rica en nitrógeno es extraída a una velocidad que no aumenta la concentración de oxígeno dentro de la corriente rica en argón. Donde no se produce la parte adicional de la corriente rica en nitrógeno, se puede aumentar la recuperación de argón mediante el aumento de producción del líquido rico en oxígeno y la retirada de la corriente líquida rica en oxígeno.

El licuador de nitrógeno puede ser hecho funcionar intermitentemente de manera que la al menos una corriente de producto líquido puede ser almacenada para futura utilización.

Además, la planta existente de separación de aire puede estar configurada de tal manera que existan puntos de unión dentro de la columna de alta presión de la planta existente de separación de aire para conexión al licuador de nitrógeno si se ha de modificar la misma.

Breve descripción de los dibujos

Aunque la memoria concluye con reivindicaciones que puntualizan distintamente el objeto que los Solicitantes consideran su invención, se cree que la invención será mejor comprendida cuando se tome en relación con los dibujos que se acompañan, en los cuales:

La figura 1 es un diagrama de flujo esquemático de proceso de una planta existente de separación de aire que es utilizada para realizar un método de acuerdo con la presente invención; y

La figura 2 es un diagrama esquemático de flujo de proceso de un licuador rico en nitrógeno que se ha de montar para modificar y conectar a la columna de alta presión de la planta de separación de aire de la figura 1.

Descripción detallada

Con referencia a la figura 1, se ilustra una planta existente 1 de separación de aire con fines de ejemplo. Como se explicará, incluye una columna de alta y una de baja presión, una columna de oxígeno de ultra alta pureza y columnas de argón para producir argón líquido como un producto. Sin embargo, esto tiene una finalidad ejemplar solamente y la presente invención tiene aplicabilidad en una planta de separación de aire que tenga sólo una columna de alta presión y una columna de baja presión o una que incluya sólo una columna de argón.

Una corriente de aire 10, después de la filtración en la unidad de filtración 12, es comprimida en una compresor principal 14 de aire. Después de ser eliminado el calor de compresión en un enfriador posterior 16, la corriente de aire 10 es purificada dentro de una unidad de purificación previa 18. La unidad de purificación previa 18 contiene normalmente lechos de adsorbentes que son operados en ciclo en fase y fuera de fase para purificar la corriente de aire de contaminantes de mayor punto de ebullición tales como monóxido de carbono, dióxido de carbono y vapor de agua. Normalmente, el ciclo puede ser un ciclo de adsorción de oscilación de presión o un ciclo de adsorción de oscilación de temperatura.

La corriente de aire resultante 20, comprimida y purificada, es a continuación dividida en una primera porción 22 y una segunda porción 24. La primera porción 22 es utilizada en la generación de refrigeración para la planta. Una corriente de escape 26 es combinada con la primera porción 22 e introducida en un compresor 28 de reciclado. Después de la eliminación del calor de compresión en un enfriador posterior 30, la corriente comprimida resultante es dividida en una primera corriente subsidiaria 32 y una segunda corriente subsidiaria 34. La primera corriente subsidiaria 32 es enfriada completamente dentro del intercambiador principal 36 de calor y la segunda corriente subsidiaria 34 es introducida en un compresor 38 reforzador de turbina. Después de la eliminación del calor de compresión dentro de un enfriador posterior 40, la corriente comprimida resultante es enfriada dentro del intercambiador de calor principal 36 e introducida en una turbina 42 en la que el trabajo de expansión puede ser utilizado para accionar el compresor 38 reforzador de turbina. La expansión que ocurre dentro de la turbina 42 produce la corriente de escape enfriada 26 que es calentada dentro del intercambiador principal de calor 36 para comunicar refrigeración en la planta 1 de separación de aire.

La planta 1 de separación de aire está provista de una columna de alta presión 44 que está funcionalmente asociada con una columna de baja presión 46 en una relación de transferencia de calor por medio de un rehervidor de condensador 48. Además, la planta 1 de separación de aire está también provista de una columna 50 de baja proporción asociada con una columna 52 de superetapas para separar argón de una manera que se explicará. Adicionalmente, está prevista una columna 54 de oxígeno de ultra alta pureza para producir un producto de oxígeno de ultra alta pureza que se explicará también. Cada una de la columna de alta presión 44, la columna de baja presión 46, la columna de baja proporción 50, la columna de superetapas 52 y la columna 54 de oxígeno líquido de ultra alta pureza contienen elementos de transferencia de masa tales como empaquetamiento estructurado o bandejas para llevar las fases líquida y de vapor de las mezclas que se introducen en ellas a ser separadas a contacto íntimo y con ello rectificar dichas mezclas.

La segunda porción 24 de la corriente de aire comprimido es enfriada completamente dentro del intercambiador de calor principal 36 y dividida en una primera corriente subsidiaria 60 que es introducida directamente en una columna 44 de alta presión y una segunda corriente subsidiaria 62 que es introducida en un rehervidor 64 situado en el fondo de la columna 54 de oxígeno de ultra alta pureza para producir una corriente líquida 66.

La primera corriente subsidiaria 32 es enfriada completamente dentro del intercambiador de calor principal 36 y es dividida en primera y segunda porciones 68 y 70. La primera porción 68 es introducida directamente en la columna de baja presión 46 y la segunda porción 70 es combinada con una corriente líquida 66 para formar una corriente combinada 72 que es introducida en la columna de alta presión 44. La introducción de la corriente combinada 72 junto con la primera porción 60 inicia la formación de una fase de vapor ascendente dentro de la columna de alta presión 44 que resulta incluso más pobre en nitrógeno para producir un producto de parte alta de columna de vapor rico en nitrógeno.

Una corriente de parte alta de columna, rica en nitrógeno, como una corriente 74, es condensada dentro de un rehervidor 48 de condensador. Una primera porción 76 es devuelta como una corriente de reflujo a la columna de alta presión 44 y una segunda porción 78 es subenfriada dentro del intercambiador de calor principal 36 y utilizada para reflujo en la columna de baja presión 46. Una porción 80 puede ser tomada opcionalmente como un producto de nitrógeno líquido y la porción restante 82 puede ser a continuación introducida como una corriente de reflujo en la columna de baja presión 46.

Dentro de la columna de alta presión 44, a medida que la fase líquida desciende resulta incluso más rica en oxígeno para producir productos de fondo de columna de oxígeno líquido crudo. Una corriente 84 de oxígeno líquido crudo, compuesta de los productos de fondo de columna de oxígeno líquido crudo, puede ser introducida en un intercambiador de calor 86 que es utilizado en la generación de reflujo para la columna 52 de separación de argón en superetapas. Esto vaporiza parcialmente la corriente 84 de oxígeno líquido crudo para producir una corriente 88 de fase líquida y una corriente 89 de fase de vapor que es introducida en la columna de baja presión 46 para refinamiento adicional. Adicionalmente, otra corriente 87 de oxígeno líquido crudo puede ser introducida en la columna de baja presión 46. Aunque no se ilustra, pero según se sabe en la técnica, ambas corrientes 84 y 87 de oxígeno líquido crudo serían expandidas en válvula antes de su introducción en la columna de baja presión de manera que las corrientes estuvieran a una presión apropiada para introducción en tal columna.

La fase líquida descendente dentro de la columna de baja presión 46 produce líquido rico en oxígeno que es vaporizado por el rehervidor 48 de condensador. Se puede tomar líquido residual como una corriente 90 de producto de oxígeno líquido. El vapor resultante rico en nitrógeno puede ser tomado como una corriente 92 de producto de vapor de nitrógeno. La corriente 92 de producto de vapor de nitrógeno puede tener una concentración de menos que unas 2 ppm. Adicionalmente, puede ser retirada también una corriente 94 de nitrógeno de desecho. La corriente 94 de nitrógeno de desecho puede ser utilizada en la regeneración de adsorbentes dentro de la unidad de purificación previa 18. Tanto la corriente 92 de producto de vapor de nitrógeno como la corriente de nitrógeno de desecho son primeramente calentadas en un supercalentador y a continuación en el intercambiador de calor principal 36 hasta cerca de las temperaturas ambiente. Adicionalmente, una corriente gaseosa 96 de producto de oxígeno puede ser también retirada de la columna de baja presión 46, que consiste en líquido rico en oxígeno vaporizado que es producido por la vaporización de la fase líquida en el fondo de la columna de baja presión 46 por el rehervidor 48 de condensador. Tanto la corriente gaseosa 96 de producto de oxígeno como la corriente líquida 90 de producto de oxígeno pueden tener una pureza de aproximadamente 99,5 por ciento en volumen.

Una corriente 98 de vapor que contiene argón, que puede contener más que aproximadamente el 10 por ciento en volumen de argón y menos que 1 ppm de nitrógeno, puede ser retirada de la columna de baja presión 46 e introducida en la columna 50 de baja proporción. Los productos del fondo de la columna ricos en oxígeno pueden ser devueltos como una corriente 100 de líquido rico en oxígeno a la columna de baja presión 46. Los productos de la parte alta de la columna, ricos en argón, pueden ser tomados como una corriente 102 rica en argón e introducidos en la columna 52 de superetapas para la separación de oxígeno a niveles muy bajos para producir con ello unos productos del fondo de columna ricos en oxígeno que pueden ser retirados como una corriente 106 rica en oxígeno que es bombeada por una bomba 108 de nuevo a la columna 50 de baja proporción como una corriente bombeada 110. La separación del oxígeno produce unos productos de parte alta de columna ricos en argón. Una corriente 112 rica en argón puede ser introducida en el intercambiador de calor 86 para producir una corriente de reflujo de argón 114, siendo tomada una corriente de evacuación o ventilación de argón 116 para evitar la acumulación de nitrógeno no condensable y una corriente líquida 120 de producto de argón puede ser retirada de la columna de argón 52 de superetapas como una corriente líquida de producto de argón que puede contener menos que el 1 ppm aproximadamente de nitrógeno y aproximadamente 1 ppm de oxígeno.

Una corriente líquida de oxígeno 122, que es esencialmente hidrocarburo y nitrógeno libre, puede ser retirada de la columna 50 de argón de baja proporción e introducida en la columna 54 de oxígeno de pureza ultra alta como alimentación para producir una corriente líquida 124 de producto de oxígeno de pureza ultra alta procedente del líquido residual que no es rehervido por el rehervidor 64 que tiene una pureza de aproximadamente 99,99999 por

ciento de oxígeno. Los productos de vapor de la parte alta dentro de la columna 54 de oxígeno de pureza ultra alta pueden ser retirados como una corriente de vapor 126 que es reintroducida en la columna 50 de baja proporción.

La planta 1 de separación de aire produce un producto líquido 124 de oxígeno de pureza ultra alta, un producto líquido 90 de oxígeno y potencialmente una corriente 80 de producto de nitrógeno líquido. El grado en el cual se producen líquidos es dependiente de la refrigeración total que es comunicada a la planta 1 de separación de aire. Durante condiciones de descenso de la planta 1 de separación de aire, los productos líquidos anteriormente citados son producidos a un ritmo más bajo. Con el fin de aumentar la producción de los productos líquidos, tanto durante condiciones de descenso como durante el funcionamiento normal de la planta 1 de separación de aire, un licuador 2 puede ser montado para modificar la planta 1 de separación de aire. El licuador 2 está ilustrado en la figura 2. Una corriente 130 de vapor rico en nitrógeno es introducida en el licuador 2 que licua la corriente 130 de vapor rico en nitrógeno y devuelve la corriente líquida resultante 132 rica en nitrógeno de nuevo a la columna de alta presión 44. Se hace observar que es sólo esa corriente 130 de vapor rico en nitrógeno la que es retirada y la corriente líquida 132 rica en nitrógeno la que es reintroducida en la columna de alta presión 44.

La introducción del nitrógeno líquido como una corriente líquida 132 rica en nitrógeno aumenta la cantidad de oxígeno líquido que se recoge dentro de los productos de fondo de columna de oxígeno líquido crudo y por lo tanto la cantidad de oxígeno que está siendo introducida en la columna de baja presión 46. Esto tiene el efecto de permitir que sea extraída la corriente líquida 90 de producto de oxígeno a un ritmo mayor porque es producido más líquido rico en oxígeno. Adicionalmente, la corriente líquida 80 de producto de nitrógeno y la corriente líquida 124 de oxígeno de pureza ultra alta pueden ser también extraídas a un ritmo o velocidad mayor.

Como pueden apreciar los expertos en la técnica, la corriente líquida 80 de producto de nitrógeno no debe ser extraída a un ritmo excesivo que afecte a la pureza de la corriente 98 rica en argón. Sin embargo, la cantidad incrementada de nitrógeno líquido que está siendo introducida en la columna de baja presión 46 sin producción alguna de corriente líquida 80 de producto de nitrógeno aumentará la concentración de argón dentro de la corriente 96 rica en argón y aumenta con ello la recuperación y velocidad a la que puede ser retirada la corriente líquida 120 de producto de argón de la columna 52 de superetapas. En consecuencia, en un modo de funcionamiento, la corriente líquida 80 de nitrógeno es retirada a una velocidad que no afecta a la concentración de argón de la corriente 98 rica en argón o, alternativamente, puede ser retirada a una velocidad menor o no retirada en absoluto para aumentar la concentración de argón de la corriente 98 rica en argón. Se ha de observar que es también posible tomar una corriente de producto de nitrógeno líquido de parte de la corriente líquida 132 rica en nitrógeno y la misma explicación que anteriormente se aplica a la extracción de una tal corriente como un producto.

Preferiblemente, la planta 1 de separación de aire, así como cualquier otra planta de separación de aire que sea modificada con el licuador 2 de nitrógeno de acuerdo con la presente invención, puede ser construida con puntos de unión estándar 128 y 129 que permiten la simple conexión del licuador 2 de nitrógeno a una tal planta. Por ejemplo, los puntos de unión 128 y 129 pueden ser tuberías con tapa o válvulas cerradas y con tapa que podrían incorporarse a un diseño de planta estándar. Una tubería de producto de plantas podría por tanto ser diseñada con dichos puntos de unión 128 y 129. Esto permitiría que fuera realizado el montaje de modificación del licuador 2 de nitrógeno de una manera expeditiva y de coste razonable si ello fuera deseado en cualquiera tal planta dentro de la línea de producto. Una vez utilizada, la planta 1 de separación de aire podría ser usada para operar de un modo en el que la producción líquida de productos se aumentara para cumplir una demanda incrementada. Alternativamente, el licuador 2 de nitrógeno puede ser empleado para aumentar la producción de oxígeno durante periodos en los que la potencia eléctrica fuera obtenida a coste inferior para permitir que los productos líquidos a la velocidad mejorada fueran almacenados para uso posterior durante periodos de mayor coste de la potencia eléctrica. Adicionalmente, el licuador de nitrógeno podría ser utilizado también durante condiciones de bajada de la planta para producir productos líquidos en tales periodos. Un modo más de operación consiste en emplear el licuador 2 de nitrógeno en relación con una planta no diseñada para producir productos líquidos y modificar tal planta para producir productos líquidos.

Con referencia a la figura 2, se ilustra el licuador 2 de nitrógeno que se ha de montar para modificar la planta 1 de separación de aire. En el licuador 2 de nitrógeno, la corriente 130 de vapor rico en nitrógeno combinada con una corriente 134 de fase de vapor que es expandida en una válvula de expansión 136 a la presión de la corriente 130 de vapor rico en nitrógeno y combinada con ella para formar una corriente 138 de nitrógeno. La corriente 138 de nitrógeno es calentada dentro de un intercambiador de calor 140 y es a continuación reducida en presión dentro de una válvula de expansión 142. Después de la reducción de la presión, la corriente 138 de nitrógeno es combinada con una corriente de escape 144 que comunica refrigeración al licuador al ser completamente calentada dentro del intercambiador de calor 140. Esto produce una corriente combinada 146 que es comprimida dentro de un compresor de reciclado 148. Después de la eliminación del calor de compresión con un enfriador posterior 150, una primera porción 152 es introducida en un compresor elevador 154 para producir una corriente comprimida 156. Después de la eliminación del calor de compresión dentro del enfriador posterior 157, la corriente comprimida 156 es parcialmente enfriada dentro del intercambiador de calor 140, reducida en presión por medio de una válvula de expansión 158 y es a continuación introducida en la turbina 160 para producir la corriente de escape 144. El trabajo de expansión proporcionado por la turbina 160 puede ser aplicado a la compresión dentro del compresor de

- 5 elevación 154. La otra porción 162 de la corriente combinada 146, después de haber sido comprimida en el compresor 148 y enfriada dentro del enfriador posterior 150, es completamente enfriada en el intercambiador de calor 140 y después expandida por medio de una válvula de expansión 164 a un fluido de dos fases que es introducido en un separador de fases 166. La fase de vapor es separada del líquido dentro del separador de fases 166 para producir la corriente 134 de fase de vapor de nitrógeno. Una corriente 168 de fase líquida es reducida en presión por medio de una válvula de expansión 170 hasta una presión de la columna de alta presión 44 e introducida en la corriente líquida 132 rica en nitrógeno de vuelta a la columna de baja presión 46.
- 10 Como se puede apreciar, se podrían utilizar otros diseños para el licuador 2 de nitrógeno de acuerdo con la presente invención. Por ejemplo, se podría utilizar un licuador de nitrógeno muy sencillo en el que fuera comprimida, expandida y licuada sola la corriente 130 de vapor rico en nitrógeno, por supuesto a un coste de energía mucho mayor. Sin embargo, se cree que el licuador 2 de nitrógeno es un diseño particularmente ventajoso en su simplicidad y encuentra un equilibrio entre simplicidad y eficacia para aplicaciones de modificación.

REIVINDICACIONES

1. Un método de modificar y actualizar una planta existente (1) de separación de aire para producir o aumentar la producción de al menos un producto líquido, que comprende:

separar aire dentro de una planta existente de separación de aire, que tiene al menos columnas (44, 46) de alta y baja presión funcionalmente asociadas entre sí en una relación de transferencia de calor; modificar la planta existente (1) de separación de aire conectando un licuador (2) de nitrógeno a la columna de alta presión (44), no teniendo el licuador de nitrógeno componentes en común con componentes existentes de la citada planta existente de separación de aire; estando el licuador (2) de nitrógeno conectado a la columna de alta presión (44) de tal manera que el licuador de nitrógeno sólo recibe una corriente (130) de vapor rico en nitrógeno de una parte superior de la columna de alta presión, siendo licuada la corriente de vapor rica en nitrógeno en el licuador de nitrógeno para producir una corriente (132) rica en nitrógeno y siendo al menos una porción de la corriente líquida rica en nitrógeno introducida en la columna de alta presión, con lo que se aumenta el reflujo de nitrógeno líquido hacia la columna de alta presión, la producción de unos productos de fondo de columna de oxígeno líquido crudo formados en la columna de alta presión (44) y por lo tanto un líquido rico en oxígeno formado en una región de fondo de la columna de baja presión (46); y extraer el al menos un producto líquido (90, 124) de la planta (1) de separación de aire, comprendiendo el al menos un producto líquido una corriente líquida (90) rica en oxígeno, compuesta del líquido rico en oxígeno.

2. El método de la reivindicación 1, en el que, dentro del licuador (2) de nitrógeno:

una corriente (138) de vapor de nitrógeno, que comprende la corriente (130) de vapor rico en nitrógeno, es calentada dentro de un intercambiador de calor (140), expandida a la presión de la corriente de escape de una corriente de escape (144) de turbina y combinada con la corriente de escape de turbina para producir una corriente combinada (146); la corriente combinada (146) es comprimida en un compresor de reciclado (148) y después de eliminar el calor de compresión es dividida en una corriente (152) de fluido refrigerante y una parte restante (162) de la corriente combinada; la corriente (152) de fluido refrigerante es comprimida en un compresor de elevación o refuerzo (154), parcialmente enfriada en el intercambiador de calor (140) y después introducida en el turbo-expansor (160) para generar la corriente de escape (144) de turbina; la corriente de escape (144) de turbina es calentada dentro del intercambiador de calor (140) y combinada con la corriente (130) de vapor rica en nitrógeno; la parte restante (162) de la corriente combinada (146) es enfriada dentro del intercambiador de calor (140) y expandida a una presión de la columna de alta presión; y la corriente líquida (132) rica en nitrógeno se forma, al menos en parte, de la corriente combinada (146).

3. El método de la reivindicación 2, en el que:

el trabajo de expansión del turbo-expansor (160) acciona al compresor de elevación (154); la expansión de la parte restante (162) de la corriente combinada (146) produce una corriente de dos fases; las fases líquida y de vapor de la corriente de dos fases se disocian para formar una corriente de fase de vapor (134) y una corriente de fase líquida (168); la corriente de fase de vapor (134) se combina con la corriente de vapor (130) rica en nitrógeno para formar la corriente (138) de vapor de nitrógeno antes de su introducción en el intercambiador de calor (140); y la corriente (132) de nitrógeno líquido se compone de la corriente de fase líquida (168).

4. El método de la reivindicación 1, en el que se extrae una corriente líquida (80) de producto de nitrógeno que está constituida de una parte adicional de la corriente líquida (132) rica en nitrógeno.

5. El método de la reivindicación 4, en el que:

la planta (1) de separación de aire tiene también una columna de argón (50) conectada a la columna de baja presión (46) para purificar una corriente (98) rica en argón y producir con ello una corriente (102) de producto de argón; y la parte adicional de la corriente (132) rica en nitrógeno es extraída a una velocidad que no aumenta la concentración de oxígeno dentro de la corriente (98) rica en argón.

6. El método de la reivindicación 5, en el que:

la planta (1) de separación de aire tiene también una columna de argón (50) conectada a la columna de baja presión (46) para purificar una corriente (98) rica en argón y producir con ello una corriente (102) de producto de argón;

la recuperación de argón se incrementa mediante la producción incrementada del líquido rico en oxígeno y la retirada de la corriente líquida (90) rica en oxígeno.

- 5 7. El método de la reivindicación 1, en el que el licuador (2) es operado intermitentemente de manera que la al menos una corriente líquida (80, 90, 124) de producto puede ser almacenada para utilización futura.
8. El método de la reivindicación 1, en el que la planta existente (1) de separación de aire está configurada de tal manera que existen puntos de unión (128, 129) dentro de la columna de alta presión (44) de la planta existente de separación de aire para conexión al licuador (2) de nitrógeno.

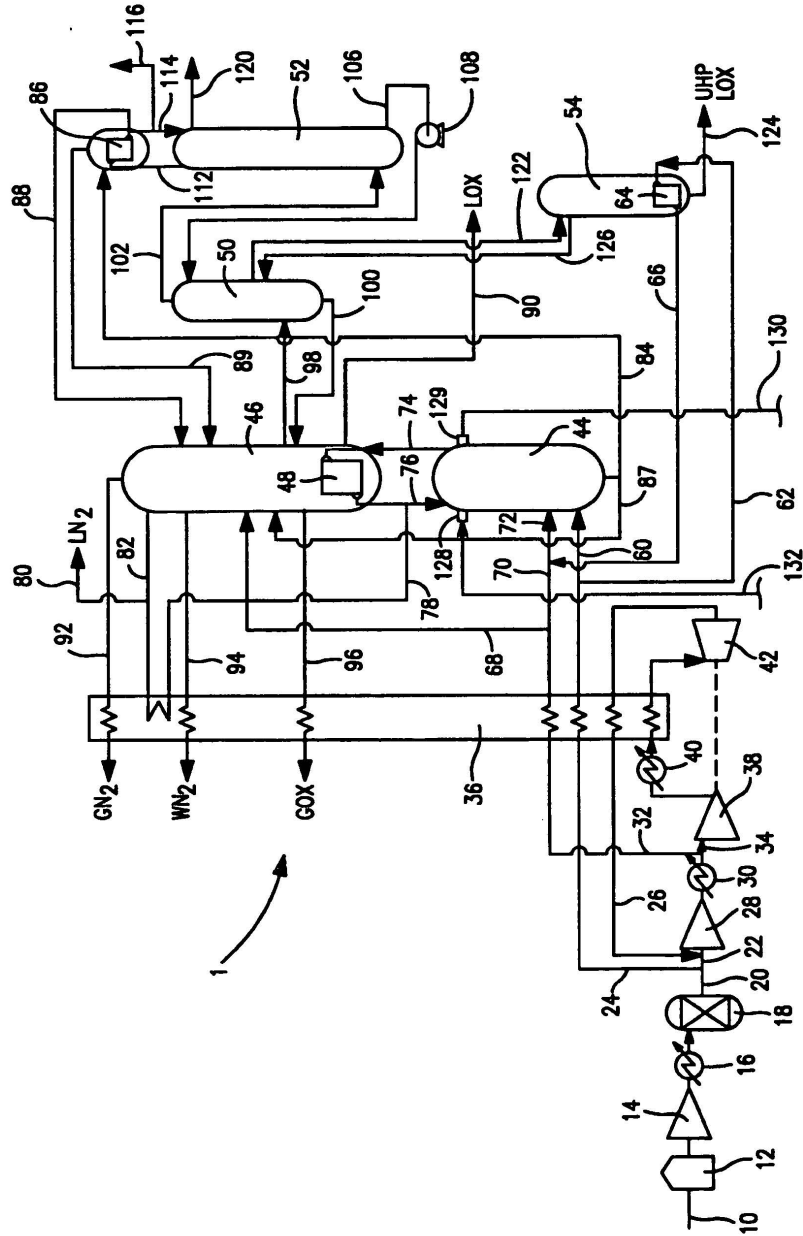


FIG. 1

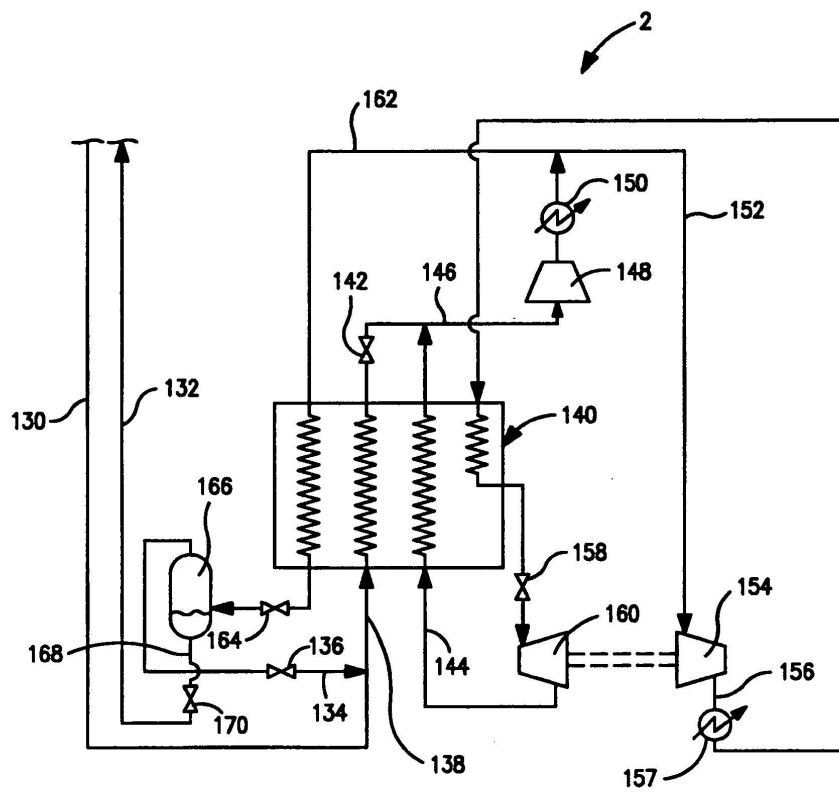


FIG. 2