



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 360 744**

51 Int. Cl.:
F25J / (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07867010 .6**

96 Fecha de presentación : **07.03.2007**

97 Número de publicación de la solicitud: **2010846**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **07.01.2009**

54 Título: **Sistema de separación criogénica del aire.**

30 Prioridad: **10.03.2006 US 372153**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
08.06.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
08.06.2011

73 Titular/es: **PRAXAIR TECHNOLOGY, Inc.**
39 Old Ridgebury Road
Danbury, Connecticut 06810-5113, US

72 Inventor/es: **Prosser, Neil, Mark**

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 360 744 T3

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

DESCRIPCIÓN

Sistema de separación criogénica del aire.

Campo técnico

5 Esta invención está relacionada generalmente con la separación criogénica del aire, y más en particular con la separación criogénica del aire para la producción de cantidades mejoradas de producto líquido.

Antecedentes de la técnica

10 La separación criogénica de aire es un proceso muy intensivo de energía debido a la necesidad de tener que generar una refrigeración de baja temperatura para activar el proceso. Este es particularmente el caso en donde grandes cantidades de producto líquido se recuperan, lo cual elimina necesariamente grandes cantidades de refrigeración del sistema. En consecuencia, es un método para la operación de una planta de separación criogénica de aire, la cual permite una operación eficiente en un modo de producción de nivel bajo de líquido, así como también en un modo de producción de nivel alto de líquido, lo cual sería muy deseable.

15 En el documento EP-A-0672878 que puede considerarse como la técnica anterior más próxima, se expone un método para operar una planta de separación criogénica del aire que utiliza una columna doble que tiene una columna de presión más alta y una columna de presión inferior para la rectificación del aire de alimentación para producir un producto líquido, en donde el mencionado método comprende:

20 comprimir un flujo de aire de alimentación principal compuesto por el aire de alimentación para producir un flujo de aire de alimentación principal comprimido, enfriando una parte del flujo de aire de alimentación principal comprimido en un intercambiador principal de calor, e introduciendo el flujo de aire de alimentación principal comprimido en el interior de la columna de presión más alta;

25 comprimir adicionalmente un primer flujo de gas compuesto por otra parte del flujo de aire de alimentación principal, enfriando parcialmente el primer flujo de gas dentro del intercambiador de calor principal, pasando el primer flujo de gas a una temperatura de aproximadamente 150K a una turbina fría, turbo-expandiendo el primer flujo de gas en la turbina fría para producir un flujo de gas turbo-expandido, y pasando el flujo de gas turbo-expandido en el interior de la columna de presión menor; y

30 comprimir adicionalmente un segundo flujo de gas, compuesto por incluso otra parte del flujo de aire de alimentación principal comprimido, y pasando una parte del segundo flujo de aire a una temperatura de aproximadamente 290K a una turbina caliente, turbo-expandiendo el segundo flujo de gas en la turbina caliente a una presión no inferior a la presión operativa de la columna de presión mayor, y pasando el segundo flujo de gas turbo-expandido al emplazamiento intermedio del intercambiador de calor principal y posteriormente a la columna de presión más alta.

Sumario de la invención

La presente invención es un método de operación de una planta criogénica de separación del aire tal como se define en la reivindicación 1.

35 Tal como se utiliza aquí, el término "columna" significa una columna o zona de destilación o fraccionamiento, es decir, una columna o zona, en donde las fases de líquido y vapor entran en contacto en contracorriente para realizar la separación de una mezcla de fluidos, como por ejemplo, mediante el contacto de las fases de vapor y líquido sobre una serie de bandejas separadas verticalmente montadas dentro de los elementos de la columna y/o elementos de empaquetado tal como estén estructurados o empaquetados aleatoriamente. Para una exposición
40 adicional de las columnas de destilación, consúltese el Manual del Ingeniero Químico, quinta edición, editado por R. H. Perry y C. H. Chilton, McGraw-Hill Book Company, Nueva York, Sección 13, El proceso de destilación continua. Una columna doble comprende una columna de alta presión, que tiene su extremo superior en una relación de intercambio de calor con el extremo inferior de una columna de presión menor.

45 Los procesos de separación de contacto del vapor y el líquido dependen de la diferencia de las presiones del vapor para los componentes. La componente de la presión de vapor más elevada (o más volátil o de baja ebullición) tenderá a concentrar en la fase de vapor, mientras que la presión del vapor menor (o menos volátil o de alta ebullición) tenderá a concentrarse en la fase de líquido. La condensación parcial es el proceso de separación por medio de la cual el enfriamiento de una mezcla de vapor puede utilizarse para concentrar los componentes volátiles en la fase de vapor, y por tanto en los componentes menos volátiles en la fase líquida. La rectificación, o destilación
50 continua, es el proceso de separación que combina las vaporizaciones parciales sucesivas y las condensaciones obtenidas por un tratamiento de contracorriente de las fases de vapor y líquido. El contacto de contracorriente de las fases de vapor y líquido es generalmente adiabático y puede incluir un contacto integral (por etapas) o diferencial (continuo) entre las fases. Las configuraciones del proceso de separación que utilizan los principios de la rectificación para separar las mezclas se denominan frecuentemente en forma intercambiable como columnas de

rectificación, columnas de destilación, o columnas de fraccionamiento. La rectificación criogénica es un proceso de rectificación llevado a cabo al menos en parte a temperaturas iguales o menores de 150 grados Kelvin (K).

Tal como se utiliza aquí, el término "intercambio de calor indirecto" significa el puenteado de dos fluidos en una relación de intercambio de calor sin ningún contacto físico o intermezclado de los fluidos entre sí.

- 5 Tal como se ha utilizado aquí, el término "aire de alimentación" significa una mezcla que comprende primariamente oxígeno, nitrógeno y argón, tal como el aire ambiente.

Tal como se ha utilizado aquí, los términos de "porción superior" y "porción inferior" de una columna significa aquellas secciones de la columna que están respectivamente por encima y por debajo del punto medio de la columna.

- 10 Tal como se ha utilizado aquí, los términos "turboexpansión" y "turboexpansor" o "turbina" significan respectivamente un método o aparato para el flujo del fluido de alta presión a través de un dispositivo de turbina, para reducir la presión y la temperatura del fluido, generándose por tanto la refrigeración.

- 15 Tal como se ha utilizado aquí, el término "planta de separación criogénica de aire" significa la columna o columnas en donde el aire de alimentación se separa por rectificación criogénica para producir nitrógeno, oxígeno y/o argón, así como también con la interconexión de tuberías, válvulas, intercambiadores de calor y similares.

Tal como se ha utilizado aquí, el término "compresor" significa una máquina que incrementa la presión de un gas por medio de la aplicación de trabajo.

Tal como ha utilizado aquí, el término "subenfriamiento" significa el enfriamiento de un líquido a una temperatura menor que la temperatura de saturación de dicho líquido para la presión existente.

- 20 Tal como se ha utilizado aquí, el término "presión operativa" de una columna significa la presión en la base de la columna.

Breve descripción de los dibujos

Las figuras 1-5 son representaciones esquemáticas de las configuraciones preferidas para la realización del método de separación criogénica del aire de esta invención.

- 25 La figura 6 es una representación gráfica de la curva de enfriamiento para el intercambiador de calor principal en la práctica del sistema de separación criogénica del aire de esta invención ilustrada en la figura 1.

Los numerales en los dibujos son los mismos para los elementos comunes.

Descripción detallada

- 30 En general, la invención es un método para operar una planta de separación criogénica de aire en donde un gas de flujo, el cual puede ser el aire de alimentación o vapor de nitrógeno enriquecido procedente de la columna de presión más alta, y que tiene una temperatura en general dentro del rango desde 125K a 200K, más preferiblemente desde 140K a 190K, que se turboexpande a través de una primera turbina, denominada como la turbina fría, a una presión no mayor de 20,7 Kpa, más alta que la presión operativa de la columna de menor presión. La descarga de la turbina fría se hace pasar al interior de la columna de menor presión y/o venteada a la atmósfera o bien recuperada como un producto. Durante al menos una parte del tiempo en que esté operando la turbina fría, un flujo de aire de alimentación que tiene una temperatura generalmente dentro del rango de 200K a 320K, más preferible desde 280K a 320K es turboexpandido a través de una segunda turbina, denominada como la turbina caliente, a una presión no inferior a la presión operativa de la columna de presión más alta. La descarga desde la turbina caliente se hace pasar al interior de la columna de presión más alta y/o la turbina fría. Al terminar el flujo del aire presurizado a la turbina caliente y el sistema turbo, o al parar su compresor de alimentación, la turbina caliente puede apagarse con el fin de reducir el consumo de energía cuando se desee una menor producción del producto líquido. Además de ello, el flujo de suministro hacia/desde la presión de entrada a la turbina caliente puede modularse dentro de los rangos operativos normales, dependiendo de si se precisa una cantidad mayor o menor de la producción del producto líquido.

- 45 La invención se describirá con mayor detalle con referencia a los dibujos. La planta de separación criogénica de aire ilustrada en los dibujos comprende una columna doble, que tiene una columna 40 de presión más alta y una columna 42 de presión menor, junto con una columna de argón 44. La turbina fría está identificada por el numeral 14 y la turbina caliente está identificada por el numeral 24.

- 50 Con referencia ahora a la figura 1, el aire de alimentación 60 está comprimido en el compresor 1 y el flujo 61 de aire de alimentación comprimido se enfría en el post-enfriador 3 para producir el flujo 62. Después de la compresión a una presión suficiente para el suministro de una columna de presión alta de aire, y después del enfriamiento, el flujo de aire 62 se hace pasar a través de un prepurificador 5. El flujo 63 se divide entre los flujos 64, 70 y 80. El flujo 64 representa la porción mayor del flujo 63. Se alimenta directamente al intercambiador 50 de calor primario, en donde

se enfría hasta ligeramente por encima de la temperatura de su punto de rocío, y se alimenta como el flujo 66 a la base de la columna 40 de alta presión. El compresor 7 turbo de aire comprime el flujo de aire 70 para producir los flujos comprimidos 71 y 90. La presión de descarga del compresor 7 (presión del flujo 71) está relacionada con la presión del oxígeno líquido bombeado que entra en el intercambiador de calor 50 (flujo 144). La circulación del flujo 71 es generalmente del 26% - 35% del flujo de aire total. Después de pasar a través del post-enfriador 8, el flujo 72 es enfriado y condensado (o bien pseudo-condensado si está por encima de la presión supercrítica) en el intercambiador de calor 50. El flujo 74 baja la presión en la turbina de líquido 30 con una presión suficiente para suministrar la columna de alta presión 40. La turbina de líquido 30 es reemplazada por una válvula de mariposa 31 en las presiones menores de ebullición de oxígeno, tal como se muestra en la figura 2. El flujo 75 se divide, de forma que una porción 76 del flujo de aire líquido sea introducido en la columna de alta presión 40, varias etapas por encima del fondo inferior, y la porción restante 77 se reduce en la presión a través de la válvula de mariposa 170, y se introduce como el flujo 78 en el interior de la columna de baja presión.

El flujo 90 se muestra como extraído en la etapa intermedia desde el compresor 7, preferiblemente después de la primera o segunda etapa de compresión. La presión del flujo 90 puede variar desde 896 Kpa a 2758 KPa. El flujo 90 es extraído después de un interenfriador, el cual no se muestra, de forma que se enfríe a una temperatura próxima al ambiente. Si la presión del oxígeno líquido bombeado es baja, es posible que la presión de descarga del compresor 7 sea satisfactoriamente alta para el flujo 90. En dicho caso, el flujo es extraído como el flujo dividido del flujo 72, después de pasar a través del post-enfriador 8 tal como se muestra en la figura 2. La figura 2 muestra una variación de la configuración de la figura 1, con una presión baja de oxígeno bombeado. La válvula de mariposa 31 se utiliza en lugar de la turbina de líquido.

La turbina caliente 24 que acciona el turbo es un componente importante de esta invención. El flujo 90 se eleva en presión en el compresor turbo 20, el cual está accionado por la extracción de energía de trabajo por la turbina 24 a través del eje 25. La presión del flujo 91 puede variar desde 1516 KPa a 6205,32 Kpa. Después de enfriar a un valor próximo a la temperatura ambiente en el enfriador 22, el flujo 92 se reduce en la presión en la turbina 24. El flujo 94 es expulsado a una presión que no es inferior a la presión operativa de la columna de presión más alta, la cual está generalmente dentro del rango de 413 Kpa a 689 Kpa. La temperatura del flujo 94 puede ser tan baja como aproximadamente 155K y tan alta como aproximadamente 240K. El intercambiador 50 de calor primario está diseñado preferiblemente con un colector lateral a un nivel de temperatura óptima. El flujo 94 está combinado con el flujo principal de alimentación que suministra la columna de alta presión en la entrada en el colector principal del intercambiador de calor 50. La configuración de auto-turbo de la turbina caliente (20, 24, 25) incrementa notablemente la relación de presiones a través de la turbina para una presión dada del flujo 90. Al hacer esto, se minimiza el flujo requerido a través de la turbina 24. Esto es importante porque el flujo a través de la turbina 24 se desvía desde el extremo caliente el intercambiador de calor 50. Cuanto más alto sea el flujo a través de la turbina 24, mayor será la diferencia de las temperaturas del extremo caliente en el intercambiador de calor 50. Esto representa una pérdida de refrigeración incrementada. La configuración de la turbina/turbo mostrada para 20 y 24 es la preferida ya que proporciona unos parámetros casi ideales no dimensionales, que conducen a un diseño aerodinámico eficiente, sin la necesidad de mecanismos de transmisión.

La turbina fría en la realización ilustrada en la figura 1 expande el aire de suministro a la columna de presión más baja. La combinación de la turbina caliente con la expansión de la turbina a la columna de presión más baja o bien otra configuración de la turbina (tal como la expansión del vapor enriquecido con nitrógeno desde la columna de alta presión) que es eficiente para la producción sin líquido es la preferida. La configuración de la turbina de auto-turbo mostrada es la preferida frecuentemente. En este caso, el flujo 80 se incrementa en su presión en el compresor 10, el cual está accionado por la turbina fría 14 a través del eje 15. Esto incrementa también la relación de presiones a través de la turbina 14, disminuyendo el flujo requerido, y proporcionando una mejor recuperación del argón y el oxígeno. El flujo resultante 81 pasa a través del refrigerador 12, y el flujo resultante 82 se enfría hasta una temperatura intermedia en el intercambiador de calor 50. La temperatura del flujo 84 puede ser típicamente tan baja como 125K y tan alta como 200K, y preferiblemente estará dentro del rango de 140K a 190K. Después de un escape hasta una presión no superior a 20,7 Kpa por encima de la presión operativa de la columna de baja presión, el flujo 86 se suministra hacia la etapa apropiada en la columna de baja presión 42. En una configuración alternativa que mantiene también un flujo relativamente bajo a través de esta unidad, el flujo 80 es extraído después de la primera etapa del compresor 70 (posiblemente en combinación con el flujo 90), suministrándose directamente al intercambiador de calor 50, parcialmente enfriado, y suministrado a la turbina 14. En este caso, la turbina fría está cargada con un generador y su relación de presiones es todavía alta debido a la compresión del flujo 80 en la primera etapa del compresor 70.

Dentro de la columna 40 de presión más alta, el aire de suministro se separa por rectificación criogénica en vapor enriquecido con nitrógeno y líquido enriquecido con oxígeno. El vapor enriquecido con nitrógeno es extraído en la porción superior de la columna 40 de presión más alta como el flujo 200 y se condensa por el intercambio de calor indirecto con el líquido inferior de la columna 42 de presión más baja en el condensador principal 36. Una porción 201 del líquido 202 enriquecido con nitrógeno condensado resultante se hace que retorne a la columna 40 de presión más alta como un reflujó. Otra porción 110 del líquido enriquecido con nitrógeno condensado resultante se subenfriado en el intercambiador de calor 48. El líquido 112 enriquecido con nitrógeno subenfriado se hace pasar a través de la válvula 172 y al igual que el flujo 114 en la porción superior de la columna 112 de presión menor. Si así se desea, una porción 116 del flujo 62 puede recuperarse como un producto de nitrógeno líquido.

El líquido enriquecido con oxígeno es extraído de la porción inferior de la columna 40 de presión más alta en el flujo 100, subenfriado en el intercambiador de calor 49 para generar el flujo 102, pasando a través de la válvula 171 y pasando entonces al interior de la columna 42 de presión menor como el flujo 104. En las realizaciones ilustradas la planta de separación criogénica de aire incluye también la producción de argón. En estas realizaciones una porción 106 del líquido 102 enriquecido con oxígeno se hace pasar a través de la válvula 173 y al igual que el flujo 108 se hace pasar al interior del condensador 38 superior de la columna de argón para el procesado tal como se describirá adicionalmente más adelante.

La columna 42 de presión inferior está operando a una presión generalmente dentro del rango de 110 a 179 KPa. Dentro de la columna 42 de presión inferior los distintos suministros están separados por la rectificación criogénica dentro del vapor rico en nitrógeno y el líquido rico en oxígeno. El vapor rico en nitrógeno es extraído desde la parte superior de la columna 42 de presión inferior en el flujo 160, calentado por el paso a través del intercambiador 48 de calor y el intercambiador 50 principal de calor, y recuperándose como un producto de nitrógeno gaseoso en el flujo 163. Para los fines de control de la pureza del producto el flujo 150 de nitrógeno residual es extraído de la columna 42 por debajo del nivel de extracción del flujo 160, y después del paso a través del intercambiador de calor 48 y el intercambiador de calor principal 50 se retira del proceso en el flujo 153. El líquido rico en oxígeno es extraído de la porción inferior de la columna 42 de presión inferior en el flujo 140 y bombeado a una presión mayor por la bomba 34 de líquido criogénico, para formar un flujo 144 del oxígeno líquido presurizado. Si se desea, una porción 142 del flujo 144 puede recuperarse como un producto de oxígeno líquido. La porción residual se vaporiza mediante el paso a través del intercambiador 50 de calor principal por el intercambio de calor indirecto con el aire de suministro entrante y recuperándose como un producto de oxígeno gaseoso en el flujo 145.

El flujo que comprende primariamente oxígeno y argón se hace pasar al flujo 120 desde la columna 42 al interior de la columna de argón 44, en donde se separa en el vapor superior enriquecido con argón y en el líquido inferior más rico en oxígeno, el cual se hace que retorne a la columna 42 en el flujo 121. El vapor superior enriquecido en argón se hace pasar como el flujo 122 al interior del condensador superior 38 de la columna de argón, en donde se condensa contra el líquido enriquecido en oxígeno parcialmente proporcionado al condensador superior 38 en el flujo 108. El argón condensado 123 resultante es retornado a la columna 44 en el flujo 203, como reflujo, y una porción 126 del flujo 133 es recuperada como un producto de argón líquido. El flujo enriquecido en oxígeno resultante del condensador 38 superior se hace pasar a la columna 42 de presión inferior en el flujo de vapor 132 y el flujo líquido 130.

La curva de enfriamiento para el intercambiador de calor 50 mostrada en la figura 6 demuestra como la adición de la turbina caliente 24 habilita la producción de líquido más alta. En la parte de círculo de la curva de enfriamiento, puede verse que los perfiles de temperatura de calentamiento y de enfriamiento se aproximan en forma crítica, y después comienzan a abrirse a niveles de temperaturas más calientes. Esto es el resultado de la refrigeración provista por la turbina caliente. La temperatura crítica mínima corresponde aquí al punto en donde el flujo 94 de expulsión de la turbina caliente alimenta el intercambiador de calor 50. Sin la refrigeración de la turbina caliente, los perfiles de temperatura para los flujos de calentamiento y enfriamiento se cruzarían en lugar de abrirse a temperaturas más altas en el intercambiador de calor. Esto significa que la misma cantidad de líquido no se produciría sin un gran incremento en el flujo de la turbina fría 14. El incremento en el flujo de la turbina fría daría lugar a una recuperación muy pobre de argón y oxígeno. Así mismo, la segunda turbina fría (en paralelo) sería necesaria para gestionar el rango grande en el flujo. Es mucho más efectivo tener la turbina caliente como segunda turbina, proporcionando la refrigeración al nivel de temperatura caliente en donde sea más preciso. La producción de la refrigeración a temperaturas calientes es muy eficiente si se puede realizar con rendimiento, tal como es el caso aquí.

La realización de la figura 3 es la configuración más preferida para un caso de actualización del diseño. Difiere de la figura 1 en que un compresor (18) independiente eleva la presión del flujo 90 antes de que se suministre al turbo caliente y a la turbina (20, 24). Es improbable que el compresor 7, en caso de estar diseñado originalmente sin un flujo de expulsión interetapa, podría modificarse económicamente para gestionar la extracción del flujo 90 de su emplazamiento interetapa deseado para una actualización. La mejor alternativa es entonces utilizar un compresor adicional 18 para elevar la presión del aire al nivel deseado para la turbina caliente / turbo. El compresor 18 es preferiblemente de una o dos etapas, dependiendo de la relación de presiones deseada a través de la turbina caliente. El enfriador 19 elimina el calor de compresión del flujo 89 antes de suministrarse al turbo 20.

La figura 4 es similar a la figura 1, excepto en que el flujo 93, para alimentar a la turbina 24, es enfriado en una cierta magnitud por debajo de la temperatura ambiente por el enfriamiento parcial en el intercambiador de calor 50. Esto es necesario solo para producir realmente unas magnitudes mayores de líquido de las que podrían producirse normalmente por la realización de la figura 1. En tal caso, el flujo de la turbina caliente (turbina 14) en la figura 1 llega a ser no controlable. Esto indica que en estas velocidades altas del líquido, la refrigeración es necesaria a un nivel inferior de la temperatura con respecto a la que puede proporcionarse por el funcionamiento de la turbina 24 con una alimentación del nivel de la temperatura ambiente. Mediante el enfriamiento parcial de flujo 93, la refrigeración de la turbina adicional puede de nuevo estar provista realmente (y más eficientemente) a un nivel más alto de temperatura que la turbina fría, mientras que se encuentre a una temperatura suficientemente baja para poder incrementar la producción de líquido. Esto reducirá también la diferencia de temperatura del extremo caliente del intercambiador de calor 50, reduciendo la pérdida de refrigeración resultante que tiene lugar con la

turboexpansión del nivel ambiente. Esta realización puede ser necesaria también para utilizar económicamente la turbina caliente para las bajas presiones de ebullición del oxígeno, o en un ciclo sin la ebullición del oxígeno.

5 La característica clave de la realización ilustrada en la figura 5 es que el flujo 94 de escape alimenta la turbina fría 14 con turbo en combinación con el flujo intermedio del intercambiador de calor 50. La turbina 24 se encuentra ahora en serie con la turbina 14. Usualmente esto significa que la presión del flujo 94 es más alta, lo cual significa también que las presiones de los flujos 91, 92 y 90 son más altas que en la realización de la figura 1. Esto es por lo que el flujo 90 se muestra retirado como un flujo dividido de la descarga del compresor 7 después del enfriador 8. Esto es dependiente de la presión de descarga del compresor 7, no obstante, y podría ser todavía deseable el tener que retirar el flujo 90 de un emplazamiento interetapa del compresor 7. Esta configuración puede utilizarse cuando no sea práctico el alimentar el flujo 94 a un emplazamiento intermedio en el intercambiador de calor 50. Un ejemplo sería el actualizar una planta sin que el intercambiador de calor 50 pueda estar prediseñado con una boquilla lateral y un distribuidor para aceptar el flujo de escape de la turbina caliente. Esta configuración conduce usualmente a un flujo extra través de la turbina 14.

10

REIVINDICACIONES

1. Un método para operar una planta criogénica de separación del aire, que utiliza una columna doble que tiene una columna (40) de presión alta y una columna de presión baja (42) para rectificar el aire de alimentación para producir un producto líquido, en donde el mencionado método comprende:
- 5 comprimir un flujo (60) de aire de alimentación principal compuesto por aire de alimentación, para producir un flujo de aire de alimentación principal, enfriando una parte (64) del flujo del aire de alimentación principal comprimido en un intercambiador de calor principal (50), e introducir el flujo de aire (66) principal comprimido en la columna de presión alta;
- 10 comprimir además un primer flujo de gas (80) compuesto por otra parte del flujo del aire (60) de alimentación principal, enfriando parcialmente el primer flujo de gas dentro del intercambiador de calor principal, pasando el primer flujo de gas (84) a una primer temperatura desde 125K a 200K a una turbina fría (14), turboexpandiendo el primer flujo (84) de gas en la turbina fría (14) a una presión no mayor de 20,7 Kpa más alta que la presión operativa de la columna de presión menor (42) para producir un flujo de gas turboexpandido, y pasando el flujo (86) de gas turboexpandido al interior de la columna (42) de presión menor;
- 15 pasar un segundo flujo (90) de gas compuesto por incluso otra parte del flujo (60) de aire de alimentación principal comprimido, a través de un configuración de turbina auto-turbo, comprendiendo un turbo-compresor (20) y una turbina caliente (24) de accionamiento del turbo-compresor, en donde el segundo flujo de gas está además comprimido, al menos en parte del mismo, en el turbo-compresor (20) sin ser enfriado en el intercambiador de calor principal, en donde el calor de compresión está eliminado del segundo flujo de aire (91) después de pasar a través del turbo-compresor y en donde entonces el segundo flujo de aire (92) se hace pasar a una segunda temperatura dentro del rango desde 200K a 320K hacia la turbina caliente (24), y en donde el segundo flujo de gas es turboexpandido en la turbina caliente (24) a una presión no menor de la presión operativa de la columna de más alta presión, y en donde el segundo flujo (94) de gas turboexpandido se hace pasar al interior de la turbina fría (14) junto con el primer flujo de gas o bien un emplazamiento intermedio del intercambiador de calor principal (50) y posteriormente a la columna de presión más alta (40);
- 20 y
- 25 modular el flujo del segundo flujo de gas (90) o la presión de entrada de la turbina caliente (24) para variar la producción del producto líquido.
- 30 2. El método de la reivindicación 1, en donde al menos algún producto de oxígeno (142) es recuperado como el producto líquido a partir de la planta criogénica de separación del aire.
3. El método de la reivindicación 1, en donde al menos algún producto de nitrógeno (116) es recuperado como el producto líquido de la planta criogénica de separación del aire.
- 35 4. El método de la reivindicación 1 que comprende además una columna de argón (44), que hace pasar el fluido desde la columna de presión menor (42) a la columna de argón, y recuperando el producto de argón (126) desde la columna de argón.
5. El método de la reivindicación 4, en donde al menos parte del producto de argón recuperado (126) es recuperado como el producto líquido.
6. El método de la reivindicación 1, en donde la segunda temperatura está dentro del rango de 280K a 320K.
- 40 7. El método de la reivindicación 1, en donde la operación de la turbina caliente (24) se activa o desactiva durante el tiempo que esté operando la turbina fría (14), para modular el flujo de la turbina caliente (24).

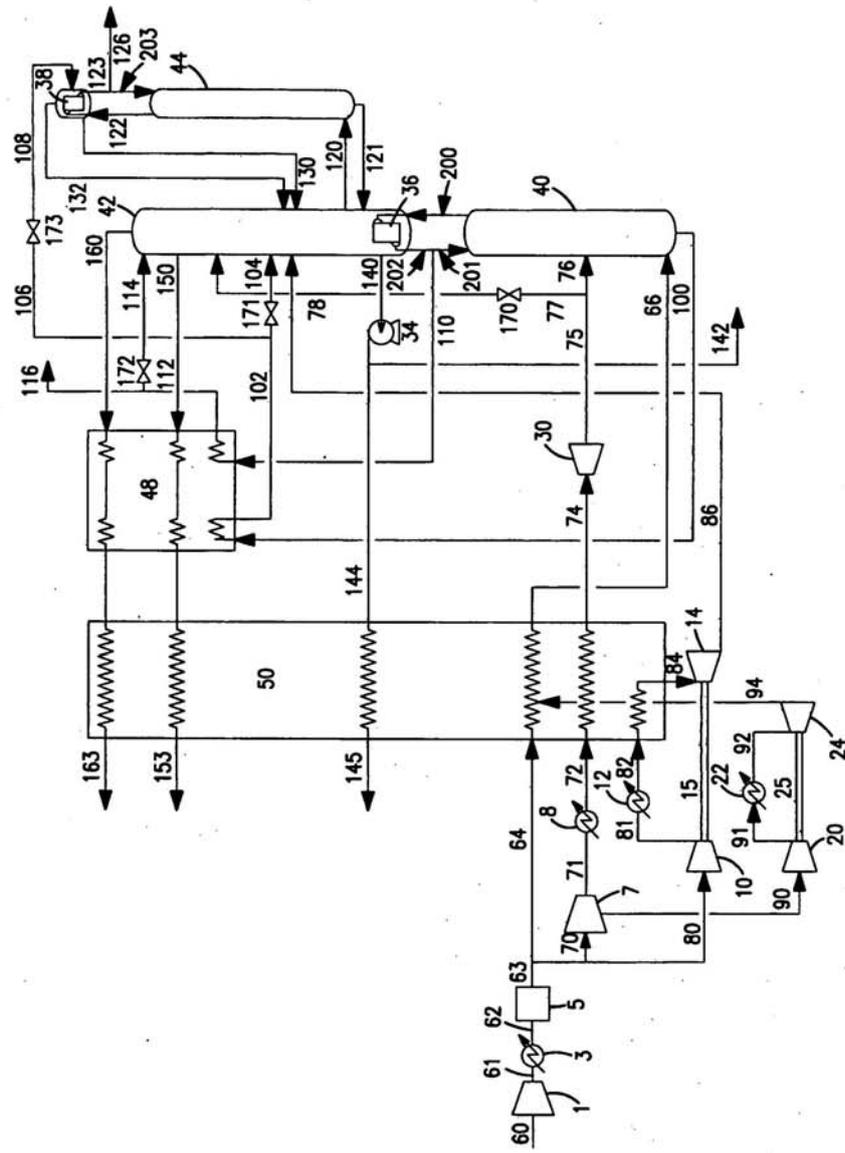


FIG. 1

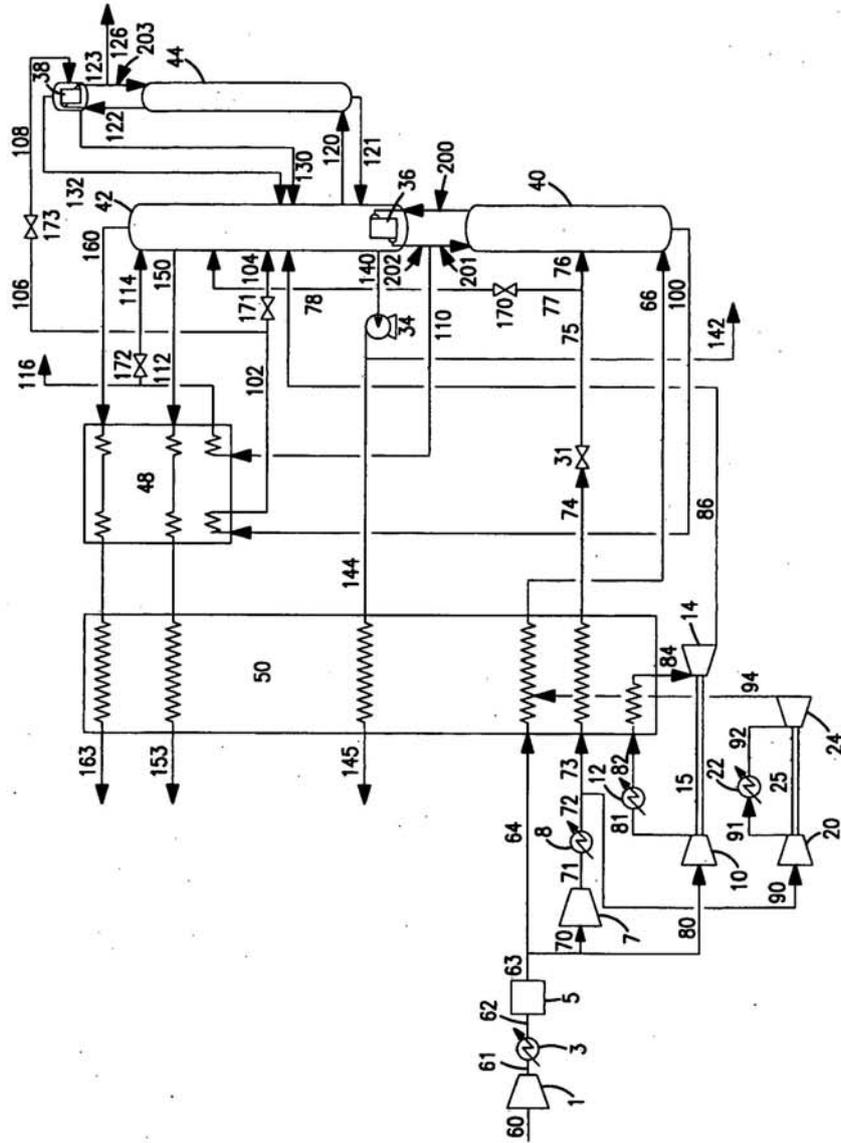


FIG. 2

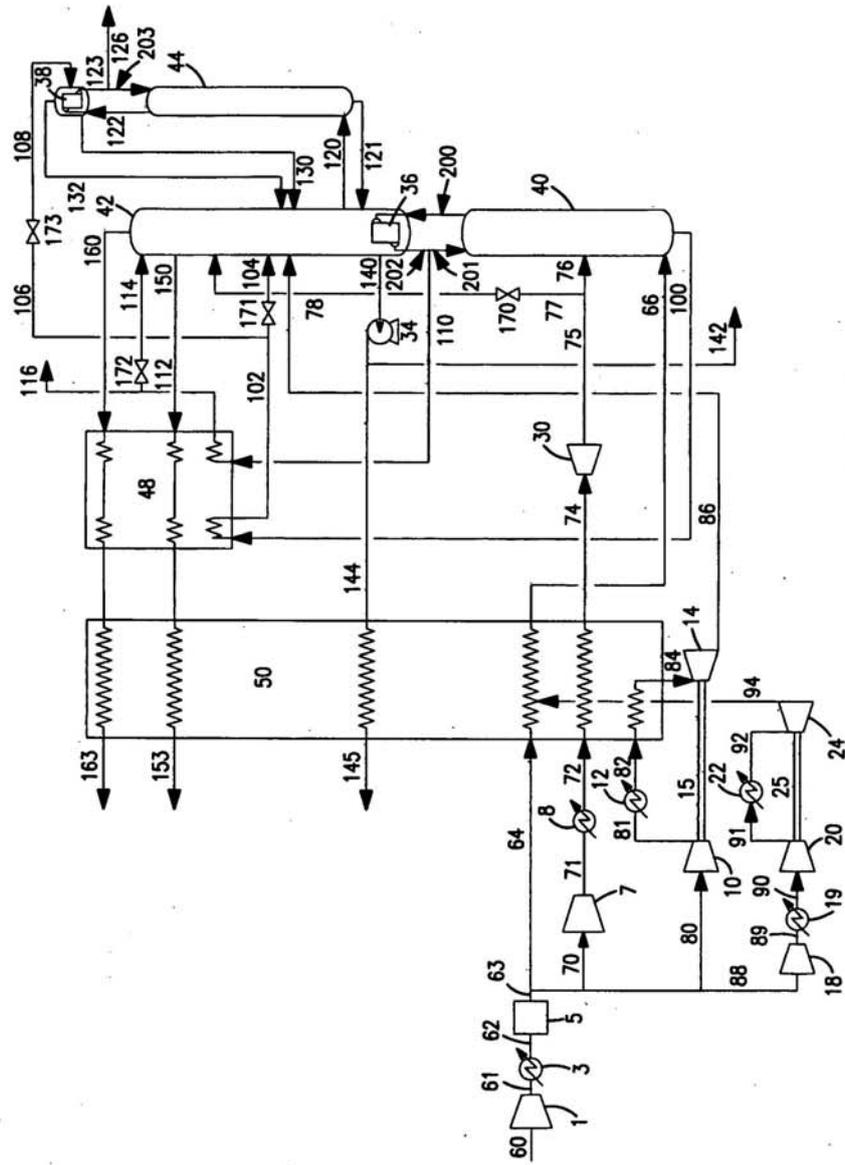


FIG. 3

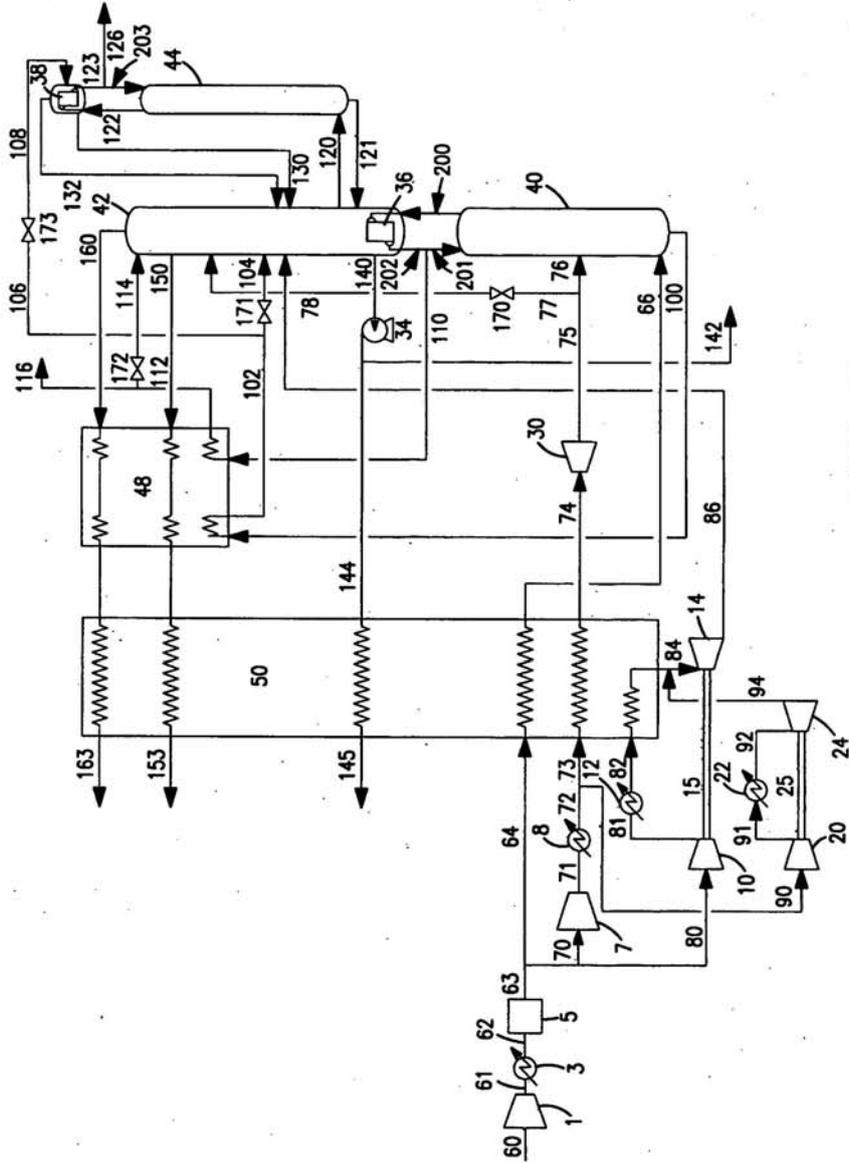


FIG. 5

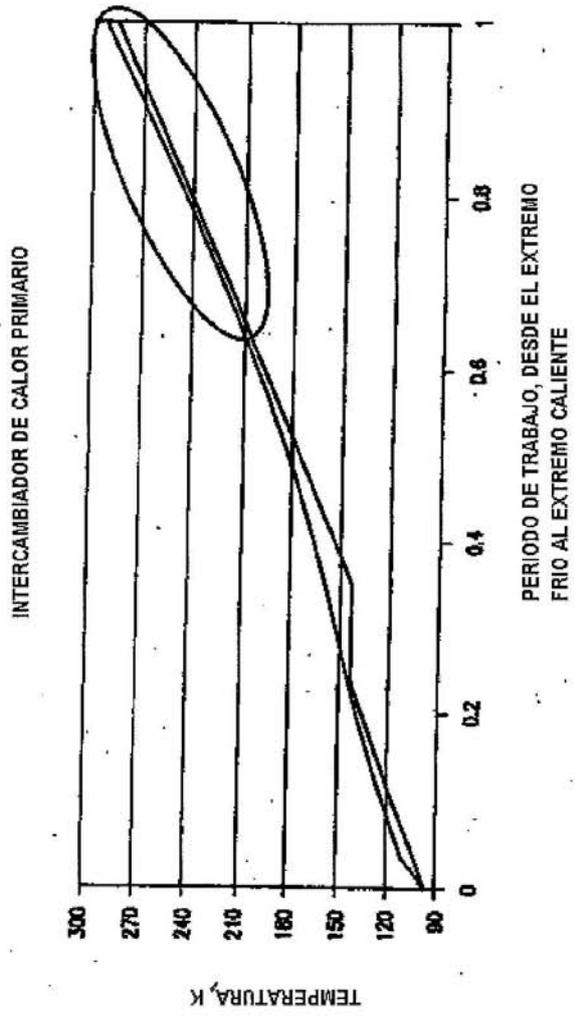


FIG. 6