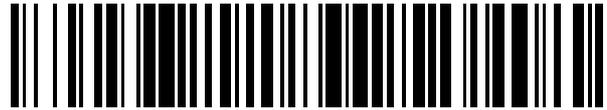


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 425 944**

51 Int. Cl.:

F25J 3/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.01.2005 E 05717658 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.06.2013 EP 1711765**

54 Título: **Procedimiento e instalación de separación de aire por destilación criogénica**

30 Prioridad:

12.01.2004 FR 0450067

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

18.10.2013

73 Titular/es:

**L'AIR LIQUIDE, SOCIÉTÉ ANONYME POUR
L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES
GEORGES CLAUDE (100.0%)
75, QUAI D'ORSAY
75007 PARIS, FR**

72 Inventor/es:

LE BOT, PATRICK

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 425 944 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

Procedimiento e instalación de separación de aire por destilación criogénica.

La presente invención es relativa a un procedimiento y a una instalación de separación de aire por destilación criogénica.

5 Es conocido producir un gas del aire a presión por vaporización de líquido presurizado en una línea de intercambio de un aparato de separación de aire por intercambio de calor con un gas comprimido a partir de una temperatura criogénica. Aparatos de este tipo son conocidos por los documentos FR-A-2688052, EP-A-0644388, EP-A-1014020 y FR-A-2851330.

10 La eficiencia energética de los aparatos conocidos no es excelente porque hay que evacuar las entradas térmicas ligadas a la compresión criogénica.

15 Además, en los esquemas tales como el de la Figura 7 del documento US-A-5475980, el conjunto de la turbina acoplada al sobrecompresor frío está asociado a un sistema de disipación de energía (freno de aceite), integrado en el eje de las máquinas y limitado tecnológicamente a pequeñas potencias (del orden de 70 kW). Por otra parte, en los esquemas de la figura 4, el aire de alimentación es expandido en dos turbinas después de haber sido separado en dos partes aguas arriba de la línea de intercambio principal. Además, este esquema no prevé columna de mezcla.

20 No obstante, este tipo de procedimiento parece tener un interés económico, en particular cuando la energía es poco valorizada o disponible a bajo coste. Así pues, es potencialmente interesante poder liberarse del límite tecnológico del freno de aceite integrado en el eje del conjunto turbina/propulsor. La aplicación internacional WO-A-2004/099690 publicada el 18.11.2004 describe un procedimiento similar con una doble columna y una sobrepresión criogénica en una parte del aire que alimenta a la doble columna. Sin embargo, este documento no propone integrar una columna de mezcla en este procedimiento.

25 Un objetivo de la invención es proponer una alternativa que permita realizar esquemas de procedimiento con sobrecompresor frío sin sistema de disipación de energía integrado en el eje turbina sobrecompresor, y por tanto prever utilizar este esquema prácticamente en todos los tamaños de aparatos de separación de aire.

De acuerdo con la presente invención, está previsto un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1.

De acuerdo con otros aspectos facultativos de la invención:

- el aire enviado al menos a una de las turbinas aguas arriba de la columna de mezcla proviene del sobrecompresor distinto del sobrecompresor frío y sale de este sobrecompresor a una presión superior a la alta presión.

30 - el aire que proviene de al menos una de las turbinas es enviado a la cuba de la columna de mezcla para participar en el intercambio de materia.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, está prevista una instalación de acuerdo con la reivindicación 4.

De acuerdo con otros aspectos facultativos, la instalación comprende,

35 - medios para enviar una parte del aire comprimido en el sobrecompresor que constituye el medio de disipación de energía o que forma parte del mismo al menos a una turbina de expansión aguas arriba de la columna de mezcla,

- medios para enviar el aire que proviene de al menos una de las turbinas a la cuba de la columna de mezcla para participar en el intercambio de materia.

40 Se utilizará una turbina complementaria, que funcione en paralelo con la turbina del primer conjunto turbina sobrecompresor, y equipada con su propio sistema de disipación de energía. Favorablemente, este sistema será un sobrecompresor seguido de un refrigerante de agua instalado en la parte caliente.

« Próximas en términos de presión » quiere decir que las presiones difieren como mucho en 5 bares, preferentemente como mucho en 2 bares. « Próximas en términos de temperatura » quiere decir que las temperaturas defieren como mucho en 15 °C, preferentemente como mucho en 10 °C.

Un sobrecompresor es un compresor de una sola etapa.

45 Todas las presiones mencionadas son presiones absolutas.

El término « condensación » comprende la seudo condensación. El término « vaporización » comprende la seudo vaporización.

Esta invención se distingue del documento US-A-5 475 980 en el sentido que en la Figura 4 (turbina 9 opcional), las dos turbinas 8, 32 aspiran a presiones muy diferenciadas, siendo la diferencia de al menos 14 bares y en la Figura 5, la diferencia de presiones es de aproximadamente 13 bares y una turbina evacua a la baja presión, lo que es penalizante para el oxígeno puro.

5 La invención se describirá más en detalle refiriéndose a las figuras, en las cuales:

- Las figuras 1 y 2 representan un aparato de separación de aire de acuerdo con la invención.

10 En la Figura 1, un caudal de aire a la presión atmosférica es comprimido aproximadamente a 15 bares en un compresor principal (no ilustrado). A continuación, el aire es eventualmente enfriado, antes de ser depurado para eliminar las impurezas (no ilustrado). El aire depurado es dividido en dos. Una parte del aire 3 es enviada a un
 15 sobrecompresor 5 en el que es comprimida hasta una presión de entre 17 bares y 20 bares y a continuación el aire sobrecomprimido es enfriado por un refrigerante de agua 7 antes de ser enviado al extremo caliente de la línea de intercambio principal 9 del aparato de separación de aire. El aire sobrecomprimido 11 se enfría hasta una temperatura intermedia antes de salir de la línea de intercambio y de ser dividido en dos fracciones. Evidentemente,
 20 es posible que una fracción del caudal 11 continúe su enfriamiento hasta el extremo frío de la línea de intercambio 9 de la que saldrá licuado. Una fracción 13 es enviada a una turbina 17 y el resto, una fracción 15 es enviada a un turbina 19. Las dos turbinas tienen la misma temperatura y presión de aspiración y la misma temperatura y presión de salida, pero evidentemente es posible que estas temperaturas y presión sean próximas una a otra en lugar de ser idénticas. Los dos caudales pasados por turbina son mezclados para formar un caudal 21 de aire del cual una parte
 25 121 es enviada hacia la doble columna y el resto 122 hacia la columna de mezcla 300. El caudal 122 constituye una parte del caudal 21 o eventualmente una fracción de la parte gaseosa del caudal 21 en el caso en que éste sea difásico. Evidentemente, es posible enviar todo el caudal 21 a la columna de media presión 100 y sacar de ella una parte gaseosa 122 para envío a la columna de mezcla, reemplazando en este caso la columna de media presión, al separador de fases. Las presiones de la columna de media presión y de la columna de mezcla pueden ser diferentes. En variante, la turbina 19 puede ser una turbina de insuflación que desemboca a la presión de la columna de baja presión.

Otra parte 2 del aire a 15 bares que constituye el resto del aire es enfriada en la línea de intercambio a una temperatura intermedia superior a la temperatura de aspiración de las turbinas 17, 19, comprimida en un segundo sobrecompresor 23 hasta aproximadamente 30 bares y reintroducida en la línea de intercambio 9 a una temperatura más elevada a fin de continuar su enfriamiento.

30 Así, el aire 37 aproximadamente a 30 bares se licua en la línea de intercambio y el oxígeno líquido 25 se vaporiza en la línea de intercambio, siendo la temperatura de vaporización del líquido próxima a la temperatura de aspiración del segundo sobrecompresor 23. El aire licuado sale de la línea de intercambio y es enviado hacia el sistema de columnas.

Un caudal de nitrógeno residual 27 se recalienta en la línea de intercambio 9.

35 El primer sobrecompresor 5 está acoplado con una de las turbinas 17, 19 y el segundo sobrecompresor 23 está acoplado con la otra de las turbinas 19, 17.

El sistema de columnas de un aparato de separación de aire está constituido por una columna de media presión 100 unida térmicamente con una columna de baja presión 200 con minarete, una columna de mezcla 300 y una columna de argón opcional (no ilustrada). La columna de baja presión no comprende obligatoriamente minarete.

40 La columna de media presión funciona a una presión de 5,5 bares, pero puede funcionar a una presión más elevada.

El aire 121 que proviene de las dos turbinas 17, 19 es el caudal enviado a la cuba de la columna de media presión 100.

El aire licuado 37 es expandido en la válvula 39 o eventualmente en una turbina y enviado al sistema de columnas.

45 Líquido rico 51, líquido pobre inferior 53 y líquido pobre superior 55 son enviados desde la columna de media presión 100 hacia la columna de baja presión 200 después de las etapas de expansión en válvulas y de subenfriamiento.

Oxígeno líquido es presurizado por la bomba 500 y enviado como líquido presurizado 25 hacia la línea de intercambio 9. Otros líquidos, presurizados o no, pueden vaporizarse en la línea de intercambio.

50 Nitrógeno gaseoso es opcionalmente trasvasado de la columna de media presión y se enfría igualmente en la línea de intercambio 9.

Nitrógeno 33 es trasvasado en la cabeza de la columna de baja presión y se recalienta en la línea de intercambio, después de haber servido para subenfriar los líquidos de reflujo.

Nitrógeno residual 27 es trasvasado de un nivel inferior de la columna de baja presión y se recalienta en la línea de intercambio, después de haber servido para subenfriar los líquidos de reflujo.

Eventualmente, la columna puede producir argón tratando un caudal 51 trasvasado en la columna de baja presión 200. El caudal 52 es el líquido de cuba reenviado de la columna de argón, si ésta existe.

5 La columna de mezcla 300 es alimentada en cabeza por un líquido 35 rico en oxígeno trasvasado en un nivel intermedio de la columna de baja presión 200 presurizado por la bomba 600 y en cuba por un caudal de aire gaseoso 122 que proviene de las turbinas 17, 19. La columna de mezcla funciona esencialmente a media presión.

10 Un caudal de oxígeno gaseoso 37 es trasvaso en la cabeza de la columna de mezcla y a continuación se recalienta en la línea de intercambio 9 y un caudal líquido 41 es trasvasado en la cuba y enviado a la columna de baja presión después de la expansión en una válvula. Es posible trasvasar un caudal intermedio de la columna 300 que es enviado a la columna de baja presión.

15 En la Figura 2, un caudal de aire a la presión atmosférica es comprimido aproximadamente a 15 bares en un compresor principal (no ilustrado). A continuación, el aire es eventualmente enfriado, antes de ser depurado para eliminar las impurezas (no ilustrado). El aire depurado es dividido en dos. Una parte del aire 3 es enviada a un sobrecompresor 5 donde ésta es comprimida hasta una presión de entre 17 bares y 20 bares y a continuación el aire sobrecomprimido es enfriado por un refrigerante de agua 7 antes de ser enviado al extremo caliente de la línea de intercambio principal 9 del aparato de separación de aire. El aire sobrecomprimido 11 se enfría hasta una temperatura intermedia antes de ser dividido en dos fracciones 103, 123. La fracción 103 sale de la línea de intercambio y es dividida de nuevo en dos fracciones. Una fracción 13 es enviada a una turbina 17 y el resto, una fracción 15 es enviada a una turbina 19. Las dos turbinas tienen la misma temperatura y presión de aspiración y la misma temperatura y presión de salida, pero evidentemente es posible que estas temperaturas y presión sean próximas una a otra en lugar de ser idénticas. Los dos caudales pasados por turbina son mezclados para formar un caudal 21 de aire y enviados hacia la doble columna. En variante, la turbina 19 puede ser una turbina de insuflación que desemboca a la presión de la columna de baja presión.

25 La fracción 123 continúa su enfriamiento en la línea de intercambio 9 y sale aguas arriba del extremo frío para ser enviada al hervidor de cuba 301 de la columna de mezcla 300 donde la fracción se condensa al menos parcialmente para formar el caudal 125.

30 Otra parte 2 del aire a 15 bares que constituye el resto del aire es enfriada en la línea de intercambio a una temperatura intermedia superior a la temperatura de aspiración de las turbinas 17, 19, comprimida en un segundo sobrecompresor 23 hasta aproximadamente 30 bares y reintroducida en la línea de intercambio 9 a una temperatura más elevada a fin de continuar su enfriamiento.

35 Así, el aire 37 aproximadamente a 30 bares se licua en la línea de intercambio y el oxígeno líquido 25 se vaporiza en la línea de intercambio, siendo la temperatura de vaporización del líquido próxima a la temperatura de aspiración del segundo sobrecompresor 23. El aire licuado sale de la línea de intercambio y es enviado hacia el sistema de columnas después de ser mezclado con el aire líquido 125 que proviene del hervidor 301.

Un caudal de nitrógeno residual 27 se recalienta en la línea de intercambio 9.

El primer sobrecompresor 5 está acoplado con una de las turbinas 17, 19 y el segundo sobrecompresor 23 está acoplado con la otra de las turbinas 19, 17.

40 El sistema de columnas de un aparato de separación de aire está constituido por una columna de media presión 100 unida térmicamente con una columna de baja presión 200 con minarete, una columna de mezcla 300 y una columna de argón opcional (no ilustrada). La columna de baja presión no comprende obligatoriamente minarete.

La columna de media presión funciona a una presión de 5,5 bares, pero puede funcionar a una presión más elevada.

El aire gaseoso 121 que proviene de las dos turbinas 17, 19 es el caudal enviado a la cuba de la columna de media presión 100.

45 El aire licuado 37 es expandido en la válvula 39 y enviado al menos a la columna de media presión 100.

Líquido rico 51, líquido pobre inferior 53 y líquido pobre superior 55 son enviados desde la columna de media presión 100 hacia la columna de baja presión 200 después de las etapas de expansión en válvulas y de subenfriamiento.

50 Oxígeno líquido es presurizado por la bomba 500 y enviado como líquido presurizado 25 hacia la línea de intercambio 9. En la línea de intercambio pueden vaporizarse además o alternativamente otros líquidos, presurizados o no.

ES 2 425 944 T3

Nitrógeno gaseoso es opcionalmente trasvasado de la columna de media presión y se enfría igualmente en la línea de intercambio 9.

Nitrógeno 33 es trasvasado en la cabeza de la columna de baja presión y se recalienta en la línea de intercambio, después de haber servido para subenfriar los líquidos de reflujo.

- 5 Nitrógeno residual 27 es trasvasado de un nivel inferior de la columna de baja presión y se recalienta en la línea de intercambio, después de haber servido para subenfriar los líquidos de reflujo.

La columna puede producir eventualmente argón tratando un caudal 51 trasvasado en la columna de baja presión 200.

- 10 La columna de mezcla 300 es alimentada únicamente en cabeza por un líquido 35 rico en oxígeno trasvasado a un nivel intermedio de la columna de baja presión 200 y presurizado en la bomba 600. La columna de mezcla funciona esencialmente a la media presión. Modificando la presión del caudal 123, la columna de mezcla 300 puede funcionar a una presión diferente de la media presión. Eventualmente, una parte del líquido rico 51 puede ser enviada a la cuba de la columna 300.

- 15 Un caudal de oxígeno gaseoso 37 es trasvasado en cabeza de la columna de mezcla y se recalienta en la línea de intercambio 9 y un caudal líquido 41 es trasvasado en la cuba y enviado a la columna de baja presión después de la expansión en una válvula.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de separación por destilación criogénica en una instalación que comprende una doble o triple columna (100, 200) de separación de aire, en la que la columna que funciona a la presión más elevada (100) funciona a una presión denominada media presión, una línea de intercambio (9) y, además de la doble o triple columna, una columna de mezcla (300), en el cual:
- 5 a) todo el aire es llevado a una alta presión, eventualmente superior al menos en 5 bares a la media presión, y eventualmente depurado a esta alta presión,
- b) una parte del caudal de aire depurado es enfriada en la línea de intercambio y a continuación es dividida en dos fracciones,
- 10 c) cada fracción se expande en una turbina (17, 19),
- d) la presión de admisión de las dos turbinas, respectivamente las presiones de las dos turbinas, son superiores al menos en 5 bares a la media presión,
- e) la presión de impulsión de al menos una de las dos turbinas es sensiblemente igual a la media presión,
- 15 f) se envía al menos una parte del aire expandido en al menos una de las turbinas a la columna de media presión de una doble o triple columna,
- g) un sobrecompresor frío (23) unido mecánicamente a una de las turbinas de expansión aspira aire, que ha experimentado un enfriamiento en la línea de intercambio, e impulsa aire a una temperatura superior a la temperatura de admisión, y el fluido así comprimido es reintroducido en la línea de intercambio en la cual al menos una parte del fluido se condensa o pseudocondensa,
- 20 h) al menos un líquido presurizado que proviene de una de las columnas es (seudo) vaporizado en la línea de intercambio a una temperatura de vaporización, y
- i) la turbina (17) no acoplada al sobrecompresor frío está acoplada a un sobrecompresor (5) seguido de un refrigerante, y eventualmente
- 25 j) la temperatura de aspiración del sobrecompresor frío (23) es próxima a la temperatura de vaporización o seudovaporización del líquido, y
- k) aire que proviene de al menos una de las turbinas (17, 19) es enviado a la columna de mezcla, eventualmente después de haber transitado por la columna de media presión (100) o aire (123) al menos a la alta presión es enviado a un hervidor de cuba (301) de la columna de mezcla (300) en la que se condensa al menos parcialmente antes de ser enviado a la doble o triple columna.
- 30
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 en el cual el aire enviado al menos a una de las turbinas (17, 19) aguas arriba de la columna de mezcla proviene del sobrecompresor (5) distinto del sobrecompresor frío (23) y sale de este sobrecompresor a una presión superior a la alta presión
3. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 o 2 en el cual el aire (13, 15) expandido en al menos una de las turbinas (17, 19) es enviado a la cuba de la columna de mezcla (300) para participar en ella en el intercambio de materia
- 35
4. Instalación de separación de aire por destilación criogénica que comprende:
- a) una doble o triple columna (100, 200) de separación de aire, en la que la columna (100) que funciona a la presión más elevada funciona a una presión denominada media presión,
- 40 b) una línea de intercambio (9),
- c) medios para llevar todo al aire a una alta presión más elevada que la media presión y medios para depurarlo, eventualmente a esta alta presión,
- d) medios para enviar una parte del caudal de aire depurado a la línea de intercambio para enfriarlo y medios para dividir este aire enfriado en dos fracciones,
- 45 e) dos turbinas (17, 19) y medios para enviar una fracción de aire a cada turbina,
- f) medios para enviar al menos una parte del aire expandido en al menos una de las turbinas a la columna de media presión de la doble o triple columna,

- g) un sobrecompresor frío (23), medios para enviar aire, preferentemente trasvasado en un punto intermedio de la línea de intercambio principal, al sobrecompresor frío y medios para enviar aire sobrec comprimido en el sobrecompresor frío a la línea de intercambio en un punto intermedio aguas arriba del punto de trasvase,
- 5 h) medios (500) para presurizar al menos un líquido que proviene de una de las columnas, medios para enviar el al menos un líquido presurizado a la línea de intercambio y medios para sacar un líquido vaporizado de la línea de intercambio,
- i) el sobrecompresor frío está acoplado a una de las turbinas (19),
- j) la turbina no acoplada (17) al sobrecompresor frío está acoplada a un sobrecompresor (5) seguido de un refrigerante,
- 10 k) una columna de mezcla y medios para enviar aire a la columna de mezcla desde al menos una de las turbinas (17, 19), o medios para enviar aire (123) al menos a alta presión a un hervidor de cuba (301) de la columna de mezcla (300) y medios para enviar aire al menos parcialmente condensado en este hervidor de cuba a la doble o triple columna.
- 15 5. Instalación de acuerdo con la reivindicación 4 que comprende medios para enviar una parte del aire comprimido en el sobrecompresor (5) que constituye el medio de disipación de energía o que forma parte de éste al menos a una turbina de expansión (17, 19) aguas arriba de la columna de mezcla.
6. Instalación de acuerdo con una de las reivindicaciones 4 o 5 en la que los medios para enviar aire que proviene de al menos una de las turbinas (17, 19) a la columna de mezcla están conectados a la cuba de la columna de mezcla (300) para participar en ella en el intercambio de materia.

20

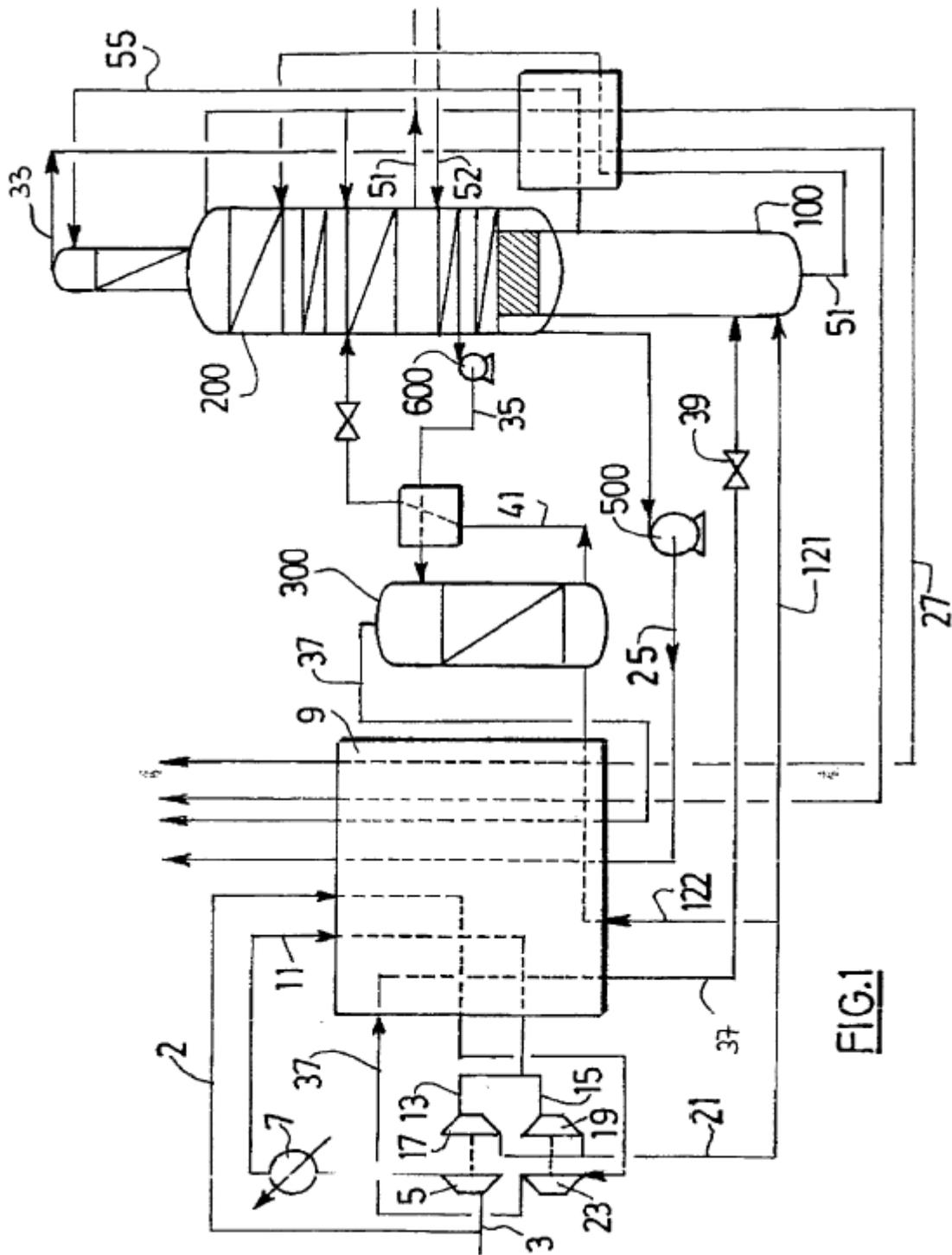


FIG.1

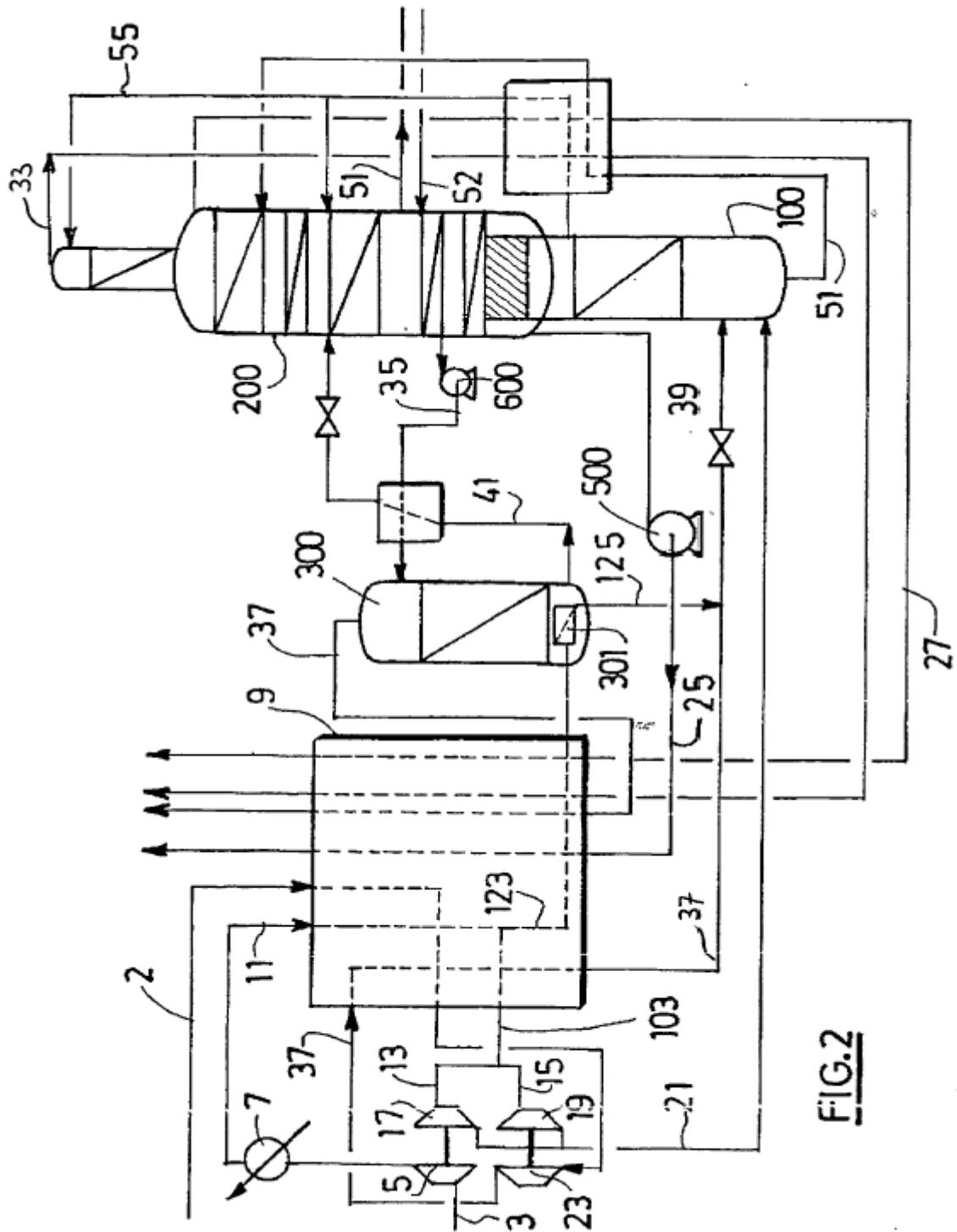


FIG. 2