

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 559 765**

51 Int. Cl.:

B01D 53/00 (2006.01)

F25J 3/04 (2006.01)

C21C 5/52 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.06.2003 E 03763919 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.11.2015 EP 1521628**

54 Título: **Procedimiento de funcionamiento de una instalación de producción**

30 Prioridad:

09.07.2002 FR 0208621

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

15.02.2016

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**GUILLARD, ALAIN y
LE BOT, PATRICK**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 559 765 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 de funcionamiento de una instalación de producción

5 La presente invención se refiere a un procedimiento de funcionamiento de una instalación de producción. La instalación de producción comprende una unidad de tratamiento de una mezcla gaseosa alimentada por electricidad, que sirve por ejemplo para hacer funcionar un compresor de la mezcla gaseosa a tratar.

El documento EP-A-0795614 describe un aparato de separación de aire que envía gases o líquidos a un almacenamiento cuando el consumo eléctrico de un horno de arco eléctrico es bajo. Cuando el horno funciona a alta potencia, el aparato de separación de aire se pone a marcha reducida y las necesidades de gas del horno se proveen a partir del almacenamiento.

10 La desregulación energética ha introducido una volatilidad a nivel de los costes de energía eléctrica. Durante períodos de tiempo relativamente cortos (y conocidos muy poco tiempo antes de que lleguen), del orden de algunas horas después, los precios de la electricidad se pueden multiplicar por un factor de 10 con respecto al precio base, o incluso más todavía en tiempos más cortos aún.

15 Un método de reducción de los costes energéticos de un aparato de separación de aire está descrito en el documento US-A-5315521.

20 Las unidades de separación de aire son unidades con consumo muy elevado de energía eléctrica y, para responder a esta volatilidad de los precios de energía eléctrica y beneficiarse de ello, no tienen otras soluciones más que detener o reducir su producción, pero esta última solución no permite reducir entonces de una forma sensible la energía eléctrica consumida. Normalmente, las unidades pueden conservar los productos en las especificaciones dadas bajando la producción hasta el 65 % de los caudales nominales con un consumo de energía que se sitúa entonces en el orden del 70 % del consumo nominal (es decir el consumo de energía para una producción del 100 %).

25 Con el fin de responder al conjunto de necesidades de sus clientes de oxígeno, nitrógeno y otros productos procedentes de los gases del aire que permanecen generalmente constantes incluso durante los períodos de volatilidad energética, estos gases han sido previamente licuados (lo que representa un cierto sobrecoste energético), cuando la energía eléctrica estaba disponible a costes bajos, y estos líquidos se vaporizan durante estos períodos de mayor actividad. Este líquido por tanto complementa o cubre en su totalidad las necesidades de los clientes.

30 El problema con la parada de los aparatos de separación de aire durante estos períodos de mayor actividad, es que sus tiempos de reinicio después del período de mayor actividad son largos, del orden de 8 a 24 horas, dependiendo de la duración de la parada, período durante el cual siempre es necesario vaporizar el líquido, producido previamente, lo que limita el interés económico de esta estrategia. Otro defecto de esta estrategia es el deterioro de las máquinas y otros elementos, y estos múltiples reinicios introducen fatigas que limitan la vida de dichos equipos.

35 "Optimal Demand-Side Response to Electricity Spot Prices for Storage-Type Customers" de Daryanian et al., IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 4, No. 3, agosto 1989 explica que es útil hacer funcionar permanentemente a plena carga el compresor de un aparato de separación de aire, independientemente de las necesidades del cliente.

Un objetivo de la invención es paliar los defectos de los procedimientos y de las instalaciones de la técnica anterior.

40 Según un objetivo de la invención, se prevé un procedimiento de funcionamiento de una instalación de producción que comprende al menos una unidad de tratamiento de al menos una mezcla gaseosa, que proporciona al menos un fluido a un consumidor, y es alimentada por electricidad, en el cual:

- se hace funcionar la unidad de tratamiento durante períodos en los que la electricidad tiene un coste por encima de un primer umbral predefinido y durante períodos en los que la electricidad tiene un coste por debajo de un segundo umbral predefinido, siendo el primer umbral superior o igual al segundo umbral,
- 45 - durante al menos un período en el que la electricidad tiene un coste por debajo del segundo umbral, al menos una parte del fluido se almacena en al menos un almacenamiento, en forma líquida y/o gaseosa,
- durante al menos un período en el que la electricidad tiene un coste por encima del primer umbral, se suministra el fluido al consumidor a partir de al menos un almacenamiento, después de una etapa de vaporización si está almacenado en forma líquida, y
- 50 - durante al menos un período en el que la electricidad tiene un coste por debajo del segundo umbral, se produce en un funcionamiento de la unidad de tratamiento al menos un fluido que tiene una pureza predefinida, un caudal predefinido, una temperatura predefinida y una presión predefinida en la unidad de tratamiento,

ES 2 559 765 T3

- 5 - durante al menos un período en el que la electricidad tiene un coste por encima del primer umbral, el consumo eléctrico de la unidad de tratamiento se reduce con respecto al consumo eléctrico de la unidad de tratamiento cuando la electricidad tiene un coste por debajo del segundo umbral, y todo o una parte del fluido se produce en el funcionamiento de la unidad de tratamiento con una pureza inferior a la pureza predefinida y/o un caudal inferior al caudal predefinido y/o una temperatura inferior a la temperatura predefinida y/o una pureza inferior a la pureza predefinida, y se envía más allá de un consumidor, eventualmente siendo puesto al menos en parte en el aire.
- Según otros aspectos facultativos:
- 10 - durante al menos un período en el que la electricidad tiene un coste por debajo del segundo umbral, un caudal dado de la mezcla gaseosa comprimida se envía a la unidad de tratamiento para ser tratado allí;
- 15 - durante al menos un período en el que la electricidad tiene un coste por encima del primer umbral, un caudal de la mezcla gaseosa reducido con respecto al caudal dado se envía a la unidad de tratamiento para ser tratado allí, eventualmente siendo separado en fluidos enriquecidos en ciertos componentes de la mezcla gaseosa;
- 15 - la unidad de tratamiento es un aparato de separación de aire que produce al menos un caudal enriquecido en oxígeno gaseoso, y/o al menos un caudal enriquecido en nitrógeno gaseoso, y/o al menos un caudal enriquecido en argón, y/o al menos un caudal enriquecido en oxígeno líquido, y/o al menos un caudal enriquecido en nitrógeno líquido, y/o al menos un caudal enriquecido en argón líquido como producto o productos finales;
- 20 - durante un período en el que la electricidad tiene un coste por encima del primer umbral, el consumo total de electricidad de la unidad de tratamiento se reduce al menos un 25 %, con preferencia al menos un 50 % con respecto al consumo eléctrico de la unidad de tratamiento que funciona cuando el coste de la electricidad está por debajo del segundo umbral. El consumo total comprende para un aparato de separación de aire el consumo del compresor principal de aire, del eventual amplificador y/o compresor o compresores de los productos, de las bombas, circuitos de agua, etc.;
- 25 - durante al menos un período en el que la electricidad tiene un coste por encima del primer umbral, al menos un producto de la unidad de tratamiento se produce sustancialmente con la misma pureza y o bien un caudal reducido o bien sustancialmente el mismo caudal al cual se produce, durante al menos un período en el que la electricidad tiene un coste por debajo del segundo umbral;
- al menos uno de los productos de la unidad de tratamiento que se produce con sustancialmente la misma pureza a la que se produce durante al menos un período en el que la electricidad tiene un coste por debajo del segundo umbral es un caudal enriquecido en nitrógeno y/o es un caudal enriquecido en argón;
- 30 - la unidad de tratamiento trata al menos una mezcla gaseosa durante todos los períodos en los que la electricidad tiene un coste por encima del primer umbral;
- un compresor comprime una mezcla gaseosa destinada a, o que proviene de, la unidad de tratamiento y cuando el coste de la electricidad está por encima del primer umbral, el compresor funciona con carga reducida, siendo enviada a la atmósfera al menos una parte de la mezcla gaseosa comprimida.
- 35 Los términos “sustancialmente la misma” y “sustancialmente constante” que califican una pureza cubren una variación de pureza de 0,5 %, eventualmente 0,3 %.
- El término “sustancialmente el mismo” que califica un caudal cubre una variación de caudal de 5 %, eventualmente 2 %.
- 40 El término “sustancialmente la misma” que califica una temperatura cubre una variación de temperatura de 5 °C, eventualmente 2 °C.
- El término “sustancialmente la misma” que califica una presión cubre una variación de presión de 5 %, eventualmente 2 %.
- Según otro aspecto, se prevé una instalación de producción que comprende
- 45 i) al menos una unidad de tratamiento de al menos un mezcla gaseosa, que proporciona al menos un fluido a un consumidor, y alimentada por electricidad,
- ii) medios para hacer funcionar la unidad de tratamiento durante períodos en los que la electricidad tiene un coste por encima de un primer umbral predefinido y durante períodos en los que la electricidad tiene un coste por debajo de un segundo umbral predefinido, siendo el primer umbral superior o igual al segundo umbral,

- iii) al menos un almacenamiento y medios para almacenar al menos una parte del fluido en al menos un almacenamiento, bajo forma líquida y/o gaseosa, durante al menos un período en el que la electricidad tiene un coste por debajo del segundo umbral,
- 5 iv) medios para proporcionar el fluido al consumidor a partir de al menos un almacenamiento, después de una etapa de vaporización si se almacena bajo forma líquida, durante al menos un período en el que la electricidad tiene un coste por encima del primer umbral,
- v) medios para producir a través de una operación al menos un fluido que tiene una pureza predefinida, un caudal predefinido, una temperatura predefinida y una presión predefinida en la unidad de tratamiento durante al menos un período en el que la electricidad tiene un coste por debajo del segundo umbral,
- 10 caracterizada porque comprende medios para producir el fluido a través de la operación con una pureza inferior a la pureza predefinida, y/o un caudal inferior al caudal predefinido, y/o una temperatura inferior a la temperatura predefinida, y/o una pureza inferior a la pureza predefinida, medios para hacer funcionar la unidad de tratamiento de manera que durante al menos un período en el que la electricidad tiene un coste por encima del primer umbral, el consumo eléctrico de la unidad de tratamiento se reduce con respecto al consumo eléctrico de la unidad durante el
- 15 período en el que la electricidad tiene un coste por debajo del segundo umbral y medios para enviar más allá del consumidor, en particular al aire, el fluido producido y/o al menos una parte de la mezcla gaseosa durante el período en el que la electricidad tiene un coste por encima del primer umbral, con preferencia únicamente durante el período en el que la electricidad tiene un coste por encima del primer umbral.
- Según otros aspectos facultativos, la instalación puede comprender:
- 20 - medios de modificación del funcionamiento de la instalación en función del coste de la electricidad que la alimenta;
- un compresor para comprimir una mezcla gaseosa destinada a, o que proviene de, la unidad de tratamiento, medios para enviar la mezcla gaseosa comprimida a la unidad de tratamiento y medios para poner en el aire la mezcla gaseosa comprimida;
- 25 - medios para proporcionar el fluido al consumidor a partir de al menos un almacenamiento, después de una etapa de vaporización si está almacenado en forma líquida, únicamente durante al menos un período en el que la electricidad tiene un coste por encima del primer umbral.
- Las producciones destinadas a los consumidores están aseguradas, durante los períodos de costes elevados, mediante la provisión de gases almacenados y/o la vaporización de los gases licuados y almacenados en forma líquida, durante los períodos de energía de costes poco elevados.
- 30 Aunque la factura energética total se reduce en ellas, estas estrategias aumentan de forma sensible la cantidad de energía consumida, pero sin penalizar la duración de la vida de los equipos críticos, ni ser penalizadas por el tiempo de reinicio de la unidad parada.
- En el caso en que la producción de nitrógeno fuera importante con respecto a la producción de oxígeno, una variante de la estrategia precedente puede ser reducir al mínimo el caudal del oxígeno con una pureza fuera de especificaciones, pero mantener el nitrógeno producido al nivel de la parte superior de la columna a baja presión con la especificación correcta, no teniendo este último un coste energético importante.
- 35 Esta estrategia permite además un retorno rápido de la unidad de la etapa con los productos fuera de especificaciones a una de las etapas nominales con los productos en las especificaciones, generalmente en menos de media hora.
- 40 Otras características y ventajas de la presente invención se desprenderán de la siguiente descripción de los modos de realización dados a título ilustrativo pero de ningún modo limitativo, en conexión con el dibujo adjunto sobre el cual:
- la figura única representa esquemáticamente una instalación combinada de una unidad de consumo de un gas del aire y de una unidad de separación de aire para la puesta en marcha de un procedimiento según la invención.
- 45 Sobre esta figura, se ha representado a título de ejemplo sobre un compresor de aire 1, una unidad de consumo 2, en este caso un horno eléctrico, y una unidad 3 de tratamiento de una mezcla gaseosa, en el caso del aire introducido por al menos una entrada 4 y proporcionando, en al menos una salida 5, al menos un gas dirigido a una entrada 6 del horno. La unidad de tratamiento 3 es alimentada por corriente eléctrica suministrada por la línea de alimentación L, típicamente por una compañía de electricidad local.
- 50 Típicamente la unidad de tratamiento 3 es un aparato de separación de aire que suministra oxígeno en su salida 5, nitrógeno puro o impuro o argón en una salida 8.

Según un aspecto de la invención, la salida 5 está conectada a un dispositivo de almacenamiento 9 que tiene al menos una salida 10 susceptible de ser conectada a la entrada 6 de la unidad de consumo 2 o a una línea de distribución 11 hacia otra estación de usuario. De forma similar, la salida 8 está conectada a un dispositivo de almacenamiento 12 que tiene una salida conectada a una línea de distribución 13.

5 Cuando el precio de la electricidad está por debajo de un segundo umbral, el aparato de separación de aire tiene un consumo eléctrico dado casi constante y produce oxígeno en la salida 5, conectado a un conducto de la unidad de tratamiento, que tiene un caudal, una presión, una temperatura y una pureza predefinidos y requeridos por el horno, por ejemplo caudal D, una presión de 40 bares y una pureza de 99,7 % en moles y una temperatura próxima a la temperatura ambiente. Una parte de este oxígeno es enviada directamente a la unidad de consumo y el resto se
10 almacena en forma líquida o gaseosa en el almacenamiento 9. Este almacenamiento puede estar, de forma conocida, a temperatura ambiente si contiene únicamente oxígeno gaseoso o a temperatura criogénica si contiene al menos oxígeno líquido, pudiendo encontrarse el almacenamiento en la caja fría o en el exterior de esta caja fría.

El aparato de separación produce igualmente en la salida 8 conectada a un conducto de la unidad de tratamiento del nitrógeno con un caudal d, una presión de 35 bares y una pureza de 1 ppm de oxígeno y una temperatura próxima a
15 la temperatura ambiente.

Cuando el precio de la electricidad sobrepasa un primer umbral, superior o igual al segundo umbral, el consumo eléctrico del aparato de separación de aire baja al menos un 25 %, con preferencia al menos un 50 %, sin pararse, sin embargo.

Los caudales y las purzas de los productos en las salidas 5, 8 conectadas a los mismos conductos de la unidad de
20 tratamiento se reducen de tal modo que se producen un caudal de oxígeno de 0,8 D que tiene una pureza de 60 % en moles de oxígeno y un caudal de nitrógeno de 0,6 d que tiene una pureza de 2 % en moles de oxígeno. Estas purzas no están de acuerdo con las exigencias del consumidor y los productos son por lo tanto rechazados a la atmósfera a través de las descargas en el aire 21, 23 o son empleados de otra manera.

Es igualmente posible que el caudal, la temperatura y/o la presión del oxígeno y/o del nitrógeno sean inferiores a los
25 valores predefinidos.

Alternativamente la pureza del oxígeno y/o del nitrógeno puede permanecer sustancialmente constante mientras que el caudal y/o la temperatura y/o la presión este gas o gases bajan.

Para suministrar todos los gases requeridos en la unidad de consumo, se produce oxígeno gaseoso que proviene del almacenamiento 9, eventualmente vaporizando un caudal líquido en el interior de la caja fría contra el aire o el
30 nitrógeno. Más generalmente la vaporización tiene lugar fuera de la caja fría por intercambio de calor con el aire ambiente o con el vapor de agua.

Es posible reducir el consumo del aparato de separación degradando únicamente la producción de oxígeno en el caso en que el coste de la electricidad sobrepase el primer umbral de manera que el caudal, la presión, la temperatura y la pureza del nitrógeno permanecen sustancialmente constantes (es decir no varían más de 0,5 %, eventualmente 0,3 % para las purzas, no más de 5 %, eventualmente 2 % para los caudales, no más de 5 °C, eventualmente 2 °C para las temperaturas y no más de 5 %, eventualmente 2 % para las presiones).
35

Únicamente cuando el coste de la electricidad sobrepasa el primer umbral, el compresor de aire 1 destinado a la unidad de tratamiento 3 continúa funcionando a bajo régimen (es decir comprimiendo un caudal reducido y con una presión de descarga reducida, por ejemplo por medio de paletas regulables) y el aire comprimido producido se pone
40 al menos parcialmente en el aire aguas arriba de la depuración mediante la puesta en el aire 19. Eventualmente se puede tener un amplificador de aire 15 que continua también funcionando pero a régimen bajo cuando el coste de la electricidad sobrepasa el primer umbral poniendo en el aire amplificado por la vía 17.

La misma estrategia puede ser utilizada con un compresor de nitrógeno gaseoso producido y/o un compresor de oxígeno gaseoso producido y/o un compresor de ciclo que pueden continuar funcionando en régimen bajo cuando el
45 coste de la electricidad sobrepasa el primer umbral poniendo en el aire el gas comprimido.

Como el número de moléculas de aire enviado en el aparato de separación de aire es reducido, no es posible sacar del aparato los mismos caudales de fluidos con las mismas composiciones y el operador puede elegir por tanto entre la reducción de al menos un caudal existente, la reducción de la pureza de al menos un caudal existente, la reducción de la presión de al menos un caudal existente, la reducción de la temperatura de al menos un caudal
50 existente o una combinación de dos o más de estos efectos.

La unidad de tratamiento 3 puede ser del tipo criogénico en columna de destilación, estando ventajosamente los gases producidos bajo forma líquida para facilitar su almacenamiento.

ES 2 559 765 T3

La unidad puede producir por ejemplo oxígeno y/o nitrógeno y/o argón a partir del aire o alternativamente hidrógeno y/o monóxido de carbono y/o nitrógeno a partir de una mezcla de estos gases.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de funcionamiento de una instalación de producción que comprende al menos una unidad de tratamiento (3) de al menos un mezcla gaseosa, que proporciona al menos un fluido a un consumidor (2), y alimentada por electricidad, en el que
- 5 - se hace funcionar la unidad de tratamiento durante períodos en los que la electricidad tiene un coste por encima de un primer umbral predefinido y durante períodos en los que la electricidad tiene un coste por debajo de un segundo umbral predefinido, siendo el primer umbral superior o igual al segundo umbral,
- durante al menos un período en el que la electricidad tiene un coste por debajo del segundo umbral, al menos una parte de uno de los al menos un fluido, se almacena en al menos un almacenamiento (9), en forma líquida y/o gaseosa,
- 10 - durante al menos un período en el que la electricidad tiene un coste por encima del primer umbral, uno de los al menos un fluido se suministra al consumidor al menos parcialmente a partir del almacenamiento, después de una etapa de vaporización si está almacenado en forma líquida, y
- durante al menos un período en el que la electricidad tiene un coste por debajo del segundo umbral, se produce en un funcionamiento de la unidad de tratamiento al menos un fluido que tiene una pureza predefinida, un caudal predefinido, una temperatura predefinida y una presión predefinida en la unidad de tratamiento,
- 15 - durante al menos un período en el que la electricidad tiene un coste por encima del primer umbral, el consumo eléctrico de la unidad de tratamiento se reduce con respecto al consumo eléctrico de la unidad de tratamiento cuando la electricidad tiene un coste por debajo del segundo umbral, y todo o una parte del fluido con pureza predefinida, un caudal predefinido, una temperatura predefinida y una presión predefinida, se produce en el funcionamiento de la unidad de tratamiento con una pureza inferior a la pureza predefinida y/o un caudal inferior al caudal predefinido y/o una temperatura inferior a la temperatura predefinida y/o una presión inferior a la presión predefinida, y caracterizado porque el fluido producido con pureza inferior y/o con caudal inferior y/o con temperatura inferior y/o con presión inferior se envía más allá de un consumidor, eventualmente siendo al menos en parte puesto en el aire.
- 20
2. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que la unidad de tratamiento (3) es un aparato de separación de aire que produce al menos un caudal enriquecido en oxígeno gaseoso, y/o al menos un caudal enriquecido en nitrógeno gaseoso, y/o al menos un caudal enriquecido en argón, y/o al menos un caudal enriquecido en oxígeno líquido, y/o al menos un caudal enriquecido en nitrógeno líquido, y/o al menos un caudal enriquecido en argón líquido como producto o productos finales.
- 30
3. El procedimiento según la reivindicación 1 o 2, en el cual, durante un período en el que la electricidad tiene un coste por encima del primer umbral, el consumo total en electricidad de la unidad de tratamiento se reduce al menos un 25 %, con preferencia al menos un 50 % con respecto al consumo eléctrico de la unidad de tratamiento que funciona cuando el coste de la electricidad está por debajo del segundo umbral.
- 35
4. El procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, en el que durante al menos un período en el que la electricidad tiene un coste por encima del primer umbral, al menos un producto de la unidad de tratamiento es al menos parcialmente producido con sustancialmente la misma pureza y con
- i) o bien un caudal reducido con respecto al caudal al que se produce, durante al menos un período en el que la electricidad tiene un coste por debajo del segundo umbral.
- 40 ii) o bien sustancialmente el mismo caudal al que se produce, durante al menos un período en el que la electricidad tiene un coste por debajo del segundo umbral.
5. El procedimiento según las reivindicaciones 2 a 4, en el que al menos uno de los productos de la unidad de tratamiento (3) que se produce con sustancialmente la misma pureza a la que se produce durante al menos un período en el que la electricidad tiene un coste por debajo del segundo umbral, es un caudal enriquecido en nitrógeno y/o es un caudal enriquecido en argón.
- 45
6. El procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, en el que la unidad de tratamiento (3) trata al menos una mezcla gaseosa durante todos los períodos en los que la electricidad tiene un coste por encima del primer umbral.
7. El procedimiento según la reivindicación 6, en el que un compresor (1, 15) que forma parte de la unidad de tratamiento comprime una mezcla gaseosa destinada a, o que proviene de, la unidad de tratamiento y cuando el coste de electricidad está por encima del primer umbral, el compresor funciona con carga reducida, siendo enviada al menos una parte de la mezcla gaseosa comprimida a la atmósfera.
- 50

8. El procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, en el cual, cuando la electricidad tiene un coste por encima del primer umbral, se produce menos líquido que cuando la electricidad tiene un coste por debajo del segundo umbral o cuando la electricidad tiene un coste por encima del primer umbral, no se produce líquido.

5 9. El procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, en el que el fluido enviado al almacenamiento tiene una pureza sustancialmente constante.

