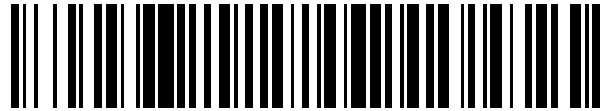


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 421 193**

51 Int. Cl.:

**B01D 53/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.02.2007** **E 07757295 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.04.2013** **EP 2007501**

54 Título: **Método y sistema de reciclaje de atmósfera**

30 Prioridad:

**20.04.2006 US 407058**

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

**29.08.2013**

73 Titular/es:

**LUMMUS TECHNOLOGY INC. (100.0%)  
1515 BROAD STREET  
BLOOMFIELD, NJ 07930, US**

72 Inventor/es:

**LOMAX, FRANKLIN, D.;  
CARR, GREGORY, S. y  
TODD, RICHARD, S.**

74 Agente/Representante:

**PÉREZ BARQUÍN, Eliana**

**ES 2 421 193 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

Método y sistema de reciclaje de atmósfera

5 **Antecedentes de la invención**Campo de la invención

10 La presente invención se refiere al reciclaje de gas de atmósfera evacuado descargado desde una cámara de tratamiento térmico que usa un gas de atmósfera protectora en la misma.

Discusión de los antecedentes

15 Las piezas metálicas, típicamente, se tratan térmicamente durante el método de fabricación con el fin de lograr las características deseadas de las piezas metálicas. El tratamiento térmico se realiza habitualmente en una atmósfera apropiada con el fin de evitar reacciones químicas adversas tales como oxidación, carburación, fragilización por hidrógeno o nitruración. Para la mayor parte de las aplicaciones, es preferente una atmósfera que sea químicamente inerte (por ejemplo, argón, nitrógeno para algunos metales) o químicamente reductora (especialmente atmósferas que sean parcial o totalmente hidrógeno). El recocido con hidrógeno, en particular, presenta ventajas especiales, ya  
20 que el hidrógeno tiene unas propiedades de transferencia de calor sustancialmente mejores y una viscosidad más reducida que otros gases y, por lo tanto, ha permitido el desarrollo de hornos de recocido de campana, de convención alta, del presente estado de la técnica que hacen circular mecánicamente una atmósfera de hidrógeno alrededor del metal que se está tratando térmicamente para lograr un calentamiento homogéneo y exento de reacciones secundarias químicas.

25 Debido a que los metales que se desean recocer se han procesado habitualmente de forma mecánica con aceite lubricante, con o sin lavado posterior, existe generalmente una gran cantidad de contaminantes en forma de aceite y/o agua presentes en el metal. Naturalmente, la atmósfera de recocido también está inicialmente inundada con aire atmosférico, que contiene oxígeno, nitrógeno y dióxido de carbono en grandes cantidades, todos los cuales causan reacciones químicas no deseadas cuando el metal se calienta a la temperatura deseada para el recocido, alivio de tensiones, etc. En las instalaciones de tratamiento térmico actuales, el aire atmosférico se desplaza mediante un primer gas de purga, que puede ser o no el gas de atmósfera final, con el fin de desplazar el aire y algunos contaminantes en fase vapor. La seguridad dicta habitualmente que este primer gas de purga no sea inflamable. Alternativamente, puede aplicarse un vacío suave solo o en combinación con gas inerte para lograr los mismos  
35 fines.

Mientras el metal se calienta, puede añadirse el primer gas de purga en continuo para transportar al exterior aceites y agua evaporada y evitar la admisión de aire, o puede introducirse una segunda atmósfera (habitualmente hidrógeno). Debido al nivel de impurezas de hidrocarburos, óxido de carbono, nitrógeno y vapor de agua, que de  
40 otro modo aumentarían en la atmósfera del horno cuando los materiales líquidos se vaporizan y se descomponen químicamente, la atmósfera se retira en continuo del horno de tratamiento térmico. Algunas estrategias usadas comúnmente para la eliminación del gas de atmósfera son combustión en el orificio de evacuación (a menudo denominada "cortinas de llama"), recogida y combustión como combustible de bajo valor o simplemente evacuación de la atmósfera.

45 Estos métodos de eliminación de las impurezas de la atmósfera de tratamiento térmico presentan varios inconvenientes. Ante todo, estos métodos desperdician el propio gas de atmósfera, que habitualmente es caro. Incluso aunque se recupere como combustible, el valor de combustible del gas de atmósfera recuperado es generalmente muy inferior al coste del gas de atmósfera puro que se consume. En caso de evacuación del gas de  
50 atmósfera, los compuestos orgánicos volátiles y las impurezas de monóxido de carbono presentes en el gas se dispersan después en el aire ambiente, constituyendo contaminación del aire. En muchas localizaciones, la emisión de dichos contaminantes está regulada y las emisiones extra pueden estar estrictamente prohibidas, lo que requiere la adición de equipos de postratamiento caros, tales como oxidantes térmicos o catalíticos.

55 Se han propuesto métodos de reciclaje de atmósferas de tratamiento de metales. Por ejemplo, la patente de Estados Unidos Nº 6.881.242 (denomina en adelante "la patente '242") de Krueger y col. propone un sistema para reciclar hidrógeno en el que el gas de atmósfera se filtra, se comprime y se suministra a un purificador de hidrógeno de membrana metálica. Este método está limitado en varios aspectos. Debido a que el gas de atmósfera está generalmente muy caliente, es impracticable comprimir el gas a la presión requerida en la patente '242 a menos que  
60 se contemplen flujos muy pequeños. Además, la patente '242 no proporciona ningún medio para eliminar el vapor de aceite antes de la etapa de separación, lo que significa que el separador debe operar mientras se expone al aceite mixto y a contaminantes procedentes del aceite que forma el metal descompuesto, solución de lavado, etc. Los purificadores de membrana metálica son muy sensibles a la contaminación por azufre, deposición de carbono, etc., y, por lo tanto, no se pueden usar para atmósferas de horno típicas que contienen dichos compuestos.

65 La patente de Estados Unidos Nº 5.348.592 (denominada en adelante "la patente '592") de Garg y col., presenta otro

enfoque de reciclaje de atmósfera que es útil para eliminar el vapor de agua e impurezas de oxígeno solamente. Como la patente '242, la patente '592 sugiere que puede usarse un secador de gas de adsorción para eliminar el vapor de agua. En el caso de la patente '592, este vapor de agua se forma realmente mediante reacción catalítica de trazas de oxígeno con hidrógeno, así como mediante vapor de agua preexistente procedente del gas de atmósfera evacuado. Los catalizadores usados en la patente '592 también son muy sensibles a la desactivación por vapores de hidrocarburos, por azufre presente en aceites en trabajos con metales y por monóxido de carbono. Por lo tanto, el método de la patente '592 no es adecuado para atmósferas metalúrgicas en las que estas impurezas están presentes. El método '592 tampoco es capaz de librar el gas de atmósfera evacuado de productos inertes no deseados tales como nitrógeno, y tampoco puede usarse cuando la atmósfera que se está reciclando está, de forma deseable, exenta de nitrógeno, como en atmósferas de argón o hidrógeno.

Ni la patente '242 ni la patente '592 proporcionan un medio para expulsar gas de atmósfera evacuado durante periodos en los que los niveles de impurezas sean tales que no puedan eliminarse eficazmente mediante el aparato de purificación. Por lo tanto, durante dichos periodos, el gas de atmósfera evacuado puede provocar la degradación o el mal funcionamiento del equipo, o tener como consecuencia la recirculación de impurezas sustanciales a la atmósfera de tratamiento térmico.

### Sumario de la invención

En un intento de eliminar las limitaciones y problemas tratados anteriormente, los inventores han construido un método y un sistema de reciclaje de atmósferas de tratamiento térmico tal como se describe más adelante.

Por las razones tratadas anteriormente, es deseable proporcionar un método y un aparato de reciclaje de gas de atmósfera purificado a partir de gas evacuado impuro típico de aplicaciones de tratamiento térmico.

También es deseable reducir en gran medida la emisión de compuestos orgánicos volátiles a partir del método de tratamiento térmico.

También es deseable proporcionar un método y un aparato que sea capaz de manejar caudales y composiciones de gas evacuado que varíen ampliamente procedentes de bien un horno de tratamiento térmico único o de una serie de hornos de tratamiento térmico que operen en fase o en desfase con respecto a su uso de gas de atmósfera.

También es deseable proporcionar un método para recuperar selectivamente gas de atmósfera durante periodos para maximizar de forma independiente la recuperación y la pureza del gas reciclado.

También es deseable proporcionar un sistema de reciclaje de gas de atmósfera que sea capaz de retirar simultáneamente vapor de agua, nitrógeno, oxígeno, compuestos orgánicos volátiles, óxidos de carbono y compuestos de azufre del gas de atmósfera reciclado sin degradación.

También es deseable proporcionar un sistema de reciclaje de gas de atmósfera que pueda mantener un nivel de pureza esencialmente constante en el gas de atmósfera reciclado independientemente de la variación del caudal, temperatura y composición de la atmósfera evacuada.

### Breve de la descripción de los dibujos

Serán evidentes una apreciación más completa de la invención y muchas de las ventajas derivadas de la misma con referencia a la descripción detallada siguiente, en particular, si se considera en conjunto con los dibujos que se acompañan, en los que:

la figura 1 es un diagrama de flujo esquemático de un aparato de tratamiento térmico provisto de una atmósfera gaseosa protectora; (no forma parte de la invención);

la figura 2 es un diagrama de flujo esquemático de un aparato de tratamiento térmico provisto de una atmósfera gaseosa protectora conectado a un aparato de reciclaje de atmósfera;

las figuras 3a a 3c muestran la tendencia del flujo de producto frente a la recuperación y la pureza para una aplicación particular del aparato de reciclaje de atmósfera para la purificación de hidrógeno con tres niveles de contaminación diferentes en el gas de alimentación; y

la figura 4 representa un diagrama de flujo esquemático de una realización de un aparato de reciclaje de atmósfera según la presente invención.

### Descripción detallada de la invención

A continuación, se describirán las realizaciones de la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos. En la descripción siguiente, los elementos constituyentes que tienen sustancialmente la misma función y disposición se

denotan con los mismos numerales de referencia y se realizarán descripciones repetitivas solo cuando sea necesario.

5 La figura 1 representa un horno de tratamiento térmico 10 al que se suministra un gas de atmósfera protectora desde el suministro de gas 11. El horno de tratamiento térmico 10 se alimenta también con calor mediante la combustión de combustible 12, o alternativamente puede calentarse eléctricamente. La atmósfera protectora se retira del horno 10 y puede hacerse pasar a través de un tambor de separación de aceite 13, que está provisto de un dispositivo para eliminar el aceite condensado. El gas abandona el tambor de separación de aceite 13 y pasa opcionalmente a través de una válvula de contrapresión o de no retorno 14, lo que evita el ingreso de aire atmosférico. Una porción del gas de atmósfera evacuado puede reciclarse como combustible mediante un conducto 15. Este conducto de reciclaje 15 se representa conectado antes de la válvula de contrapresión 14, pero se entiende que la retirada de atmósfera evacuada como combustible puede tener lugar en cualquier lugar del sistema. Finalmente, la atmósfera evacuada se conecta a un orificio de evacuación de atmósfera 16. Durante la operación, el gas de atmósfera evacuado puede estar extremadamente caliente, a más de 3000 °F (1650 °C) y la condensación del aceite puede ser muy reducida. Durante estos periodos, los hidrocarburos vaporizados se transportan hacia más adelante en el sistema y pueden evacuarse a través del orificio de evacuación atmosférica 16.

20 La figura 2 representa el horno de tratamiento térmico 10 en conexión con el suministro de combustible 12, el separador de aceite 13, la válvula de contrapresión 14 y el orificio de evacuación atmosférica. El horno está también equipado con un suministro de gas de atmósfera 11, representado aquí como un tanque de almacenamiento de gas criogénico licuado que se usa para almacenar hidrógeno, argón y/o nitrógeno. Aunque se muestra un único tanque de gas de atmósfera 11, pueden suministrarse tanques separados para atmósfera de purga inerte y atmósfera reductora tal como hidrógeno. Alternativamente, cualquiera de estos gases puede suministrarse como gas proporcionado a temperatura ambiente y alta presión. Además, uno o más gases de atmósfera pueden generarse en el sitio, tal como mediante generación de nitrógeno por medio de membrana permeable selectiva o adsorción por cambio de presión (PSA) o suministro de hidrógeno mediante electrolisis, nueva formación de vapor de hidrocarburos, disociación catalítica de amoníaco u otros medio conocidos por los expertos en la técnica de generación de atmósfera.

30 La figura 2 también representa una válvula de accionamiento 20 que está en comunicación fluida con la conducción del orificio de evacuación de atmósfera. Si operan en serie varios hornos de tratamiento térmico 10, estos pueden estar provistos cada uno de un separador de aceite 13, una válvula de contrapresión 14 y un orificio de evacuación atmosférica 16. Alternativamente, pueden estar todos conectados a montajes comunes que proporcionan estas funciones. Además, pueden no estar presentes uno o más de los elementos funcionales en una instalación dada. En la práctica, puede instalarse después al menos una válvula 20 en la comunicación fluida con el gas de atmósfera evacuado, lo que permite selectivamente la comunicación fluida entre la atmósfera y el aparato de reciclaje de atmósfera 21. Una realización alternativa de la válvula 20 incluye un medio de válvula desviadora que hace que toda la atmósfera evacuada del horno 10 pase a través del aparato de reciclaje 21, no siendo posible ningún flujo directo a la ventilación 16. En una realización alternativa adicional, no hay válvula de accionamiento 20 entre el aparato de reciclaje 21 y el sistema de orificio de evacuación, por lo que dicho flujo es siempre posible.

45 Cuando se establece una conexión fluida entre el aparato de reciclaje 21 y el horno 10, puede provocarse que una porción del gas de atmósfera fluya hacia el aparato de reciclaje 21, en el que se divide en una corriente purificada que fluye al volumen de almacenamiento 22 y una corriente impura que comunica con uno o más de los orificios de evacuación de atmósfera 16 y el/los conducto(s) de combustible reciclado 15. Si el horno 10 debe operarse a una presión diferente a la del volumen de almacenamiento del gas 22, entonces puede proporcionarse un dispositivo de reducción de la presión, tal como un regulador de presión posterior 23. Esto facilita el uso del volumen de almacenamiento de gas a una primera presión de almacenamiento máxima, mientras que el horno 10 opera a una segunda presión de operación inferior.

50 Debido a que una porción del gas de atmósfera se pierde como gas impuro desde el aparato de reciclaje 21, se necesita todavía una corriente adicional de gas de atmósfera desde el suministro 11. El suministro de atmósfera tiene un regulador de presión principal 24 que está provisto de un evaporador primario 24 si el suministro es mediante gas licuado criogénico. La presión de referencia del regulador de presión 24 se ajusta ventajosamente para que sea inferior al punto de referencia del regulador de presión 23. De este modo, el gas de atmósfera reciclado se usa preferentemente a una primera presión de referencia superior hasta que la presión del gas en el volumen de almacenamiento 22 cae por debajo de la presión de referencia de la válvula 23. Si el flujo de gas de atmósfera debe continuar en este punto, el flujo continúa desde el recipiente de almacenamiento 22, reduciendo su presión hasta que se produce el flujo de gas de atmósfera nuevo desde el suministro 11 a través del regulador de presión principal 24. De este modo, el uso de gas de atmósfera desde el suministro 11 se minimiza.

65 Si el suministro de atmósfera 11 es un tanque criogénico que tiene una porción de líquido 29 y una porción de gas 30, y el flujo a través de la válvula 24 se minimiza, la presión en el tanque de suministro 11 aumentará debido a la evaporación del gas licuado. Si esta presión se vuelve lo suficientemente grande, el gas se retirará a través de la válvula de liberación de seguridad 26. Si el tanque criogénico 11 se complementa con una válvula economizadora 25 que tiene una presión de referencia superior a la de la válvula 24, pero inferior a la de la válvula de seguridad 26,

entonces el gas fluirá a través del economizador 25 y el calentador complementario 28, si está provisto del mismo. Para evitar la pérdida de gas de atmósfera comprado, la presión de suministro de la válvula 23 es, de forma deseable, por lo tanto, inferior a la de la válvula 25, de modo que este gas de atmósfera evaporado pueda usarse de forma preferente, en vez del gas de atmósfera reciclado que puede almacenarse en el volumen de almacenamiento de gas 22. De este modo, es deseable que la presión de referencia del regulador de gas de atmósfera reciclado 23 sea inferior a la de presión de referencia del economizador 25, pero superior a la de la válvula de suministro de atmósfera principal 24.

El volumen de almacenamiento de atmósfera reciclada está provisto de una válvula de seguridad que establece una cantidad máxima de gas reciclado que puede almacenarse antes de la evacuación. Cuando el volumen de almacenamiento de reciclaje de atmósfera se acerca a la presión de referencia de la válvula de seguridad 31, el flujo de gas de atmósfera reciclado puede reducirse aumentando la cantidad de atmósfera evacuada como combustible o liberada desde el orificio de evacuación 16. Alternativamente, la evacuación puede tener lugar a través de la seguridad 31. Alternativamente, el volumen del almacenamiento de atmósfera reciclada puede elegirse de modo que se minimice o se elimine la aparición de presiones superiores a la presión de referencia de la seguridad 31.

El aparato de reciclaje 21 puede generar gas de atmósfera que es de cualquier pureza. En una realización, el gas de atmósfera reciclado puede ser de una pureza superior a la del gas de atmósfera de reposición del suministro de gas 11. Un ejemplo de esta situación es el suministro de gas reductor a partir de la disociación de amoníaco, en el que la composición del gas de reposición nominal es del 75 % de  $H_2$  y el 25 % de  $N_2$  con trazas de amoníaco sin reaccionar. El gas reciclado puede tener una fracción sustancial de especies de nitrógeno retiradas, de modo que la fracción reciclada enriquece realmente la atmósfera de hidrógeno. Esto reduce ventajosamente el potencial químico de nitruración del material que se está tratando, una reacción secundaria potencialmente no deseada durante el tratamiento térmico.

Alternativamente, el gas reciclado puede tener una pureza más reducida que el gas de atmósfera suministrado. Un ejemplo de esta situación es el suministro de reposición mediante gas criogénico purificado, tal como hidrógeno líquido. El hidrógeno licuado se suministra generalmente con menos de 50 ppm de impurezas totales. El aparato de reciclaje 21 puede recibir gas de atmósfera evacuado que está contaminado con nitrógeno procedente del aire ambiente o del gas de purga inerte del horno. El aparato de reciclaje puede controlarse para eliminar sustancialmente todas las impurezas del gas de atmósfera evacuado. Las figuras 3a a 3c muestran curvas de rendimiento calculadas para una aplicación particular del aparato de reciclaje en las que la fracción de gas de atmósfera de hidrógeno recuperado disminuye cuando el nivel de impurezas deseado se reduce. La figura 3a representa el caso en el que la atmósfera evacuada de entrada está contaminada con el 10 % de  $N_2$ , la figura 3b representa el caso en el que la atmósfera evacuada de entrada está contaminada con el 5 % de  $N_2$  y la figura 3c representa el caso en el que la atmósfera evacuada de entrada está contaminada con el 1 % de  $N_2$ . Si el metal que se está tratando no se ve afectado de forma adversa por una pequeña cantidad de nitrógeno reciclado, la fracción de gas reciclado puede aumentar de forma deseable a expensas de una pequeña disminución de la pureza. La figuras 3a a 3c demuestran que una pureza objetivo deseada, tal como la medida mediante el analizador de composición 32, puede dar como resultado un caudal y una recuperación de producto de hidrógeno mejorados si la atmósfera evacuada de entrada está contaminada con una cantidad inferior de componentes no deseados.

En una realización, puede conectarse un analizador de pureza de gases 32 mediante una línea de muestra 33 a la alimentación de atmósfera al horno 10, mediante una línea de muestra 34 a la atmósfera reciclada desde el aparato de reciclaje 21, o mediante una línea de muestreo 35 en conexión fluida con la atmósfera del horno bien mezclada o su conducción del orificio de evacuación. La pureza del gas de atmósfera reciclado puede hacerse variar con el aparato de reciclaje 21 en respuesta a la señal del analizador 32 para encontrar una concentración deseada en cualquiera de estas localizaciones, o en más de una, mediante muestreo secuencial de cada localización o proporcionando más de un analizador 32.

En otra realización, la pureza del gas de atmósfera puede variarse mediante el ciclo de tratamiento térmico, de modo que el gas relativamente impuro se usa cuando las temperaturas son bajas y las reacciones adversas tales como la nitruración son improbables, pero puede aumentarse cuando las temperaturas y el riesgo de reacciones adversas entre la atmósfera y el material que se está tratando son superiores.

La figura 4 representa una realización del aparato de reciclaje de atmósfera 21 que acepta un gas de atmósfera evacuado impuro 50. Este gas evacuado impuro puede estar a una temperatura elevada y puede enfriarse en un enfriador 51. Puede usarse este y otros enfriadores de cualquier tipo, tales como refrigeración con líquido, refrigeración con aire, refrigeración con refrigerante, etc. El gas de atmósfera impuro enfriado contendrá, probablemente, líquido condensado como aerosol y/o una corriente líquida. Este líquido se separa en un regulador de entrada 52, que está provisto de un eliminador de niebla 53, y facilita la eliminación del líquido condensado a través de una válvula 54. Alternativamente, la separación de niebla 53, la eliminación del condensado 54 y el regulador de gas 52 pueden estar en un equipo aparte. El líquido condensado contendrá una porción de los hidrocarburos residuales que, de otra forma, se expulsarían a la atmósfera como compuestos orgánicos volátiles, una forma de contaminación del aire.

El gas impuro sustancialmente exento de líquido fluirá después a al menos un compresor 55 o una pluralidad de compresores en serie. El compresor se selecciona entre los tipos conocidos de compresores con el fin de cumplir con las condiciones de operación deseadas. El compresor puede tener una o más etapas de compresión y refrigeración intermedias y puede manejarse por cualquier medio, por ejemplo un motor eléctrico, un motor de aire, un motor hidráulico, un motor de combustión. Un medio particularmente eficaz energéticamente de accionar el compresor es mediante gas de atmósfera evacuado de una o más de las corrientes de gas de atmósfera de desecho si son combustibles, tal como en el caso de una atmósfera de hidrógeno. Esto puede realizarse mediante combustión directa en un motor alternativo o turbina de gases o indirectamente mediante una turbina de vapor con vapor obtenido del gas de atmósfera evacuado.

El gas de atmósfera impuro sale del compresor a una presión y temperatura elevadas y debe enfriarse en un enfriador 57. Debido a que la presión total del gas de atmósfera aumenta, la presión parcial de los vapores condensables aumenta. Esto puede tener como consecuencia la condensación posterior de compuestos orgánicos volátiles y del vapor de agua presente. Este puede separarse en un regulador de gas 58, que está provisto de un eliminador de niebla 59 y una válvula de eliminación del condensado 60. Como en el lado de entrada del compresor, estas funciones pueden realizarse alternativamente en piezas separadas del equipo. El gas de atmósfera impuro sustancialmente exento de líquido se dirige después a un separador 61. En esta realización, el separador es al menos un aparato de PSA. Existen realizaciones alternativas para algunos gases atmosféricos con impurezas específicas, incluidas membranas permeables selectivas. Además, dichas membranas pueden combinarse con las PSA para lograr separaciones híbridas. Estas configuraciones pueden extenderse a fraccionamientos complejos usando una o más separaciones de cada tipo en serie o en paralelo, con la atmósfera purificada recuperada a una presión intermedia con o sin represurización subsiguiente.

El separador de gas 61 produce una corriente de gas de atmósfera purificado 62 y una corriente impura 63. Para el caso de un separador de PSA que recupera hidrógeno, helio o nitrógeno, la corriente de producto purificado está a una presión elevada que puede ser casi tan alta como la presión de descarga del compresor. La corriente impura 63 está entonces a presión reducida. Para separaciones mediante presión tales como PSA o membranas permeables selectivas, puede aplicarse un vacío a la corriente 63 para mejorar la recuperación fraccionada, la pureza del producto o la salida del equipo, o para aumentar simultáneamente todas ellas. La corriente de gas de atmósfera purificado 62 puede estar provista de un tanque de regulador 64 con el fin de minimizar fluctuaciones en la presión. Esta configuración es especialmente deseable en la realización en la que se usa un separador de gas por PSA. Además, puede usarse un regulador de contrapresión 65 para imponer una condición de contrapresión constante en el dispositivo de separación. Finalmente, la corriente de gas de atmósfera purificado 66 se recicla al volumen de almacenamiento 22 en la figura 2.

Puede usarse cualquier separador de gas por PSA que sea adecuado para eliminar las impurezas del gas de atmósfera impuro. La selección de adsorbentes para eliminar impurezas clave es conocida en la técnica. Un ejemplo de adsorbentes apropiados para eliminar impurezas de una atmósfera de hidrógeno son gel de sílice y/o alúmina activada para eliminar vapor de agua e hidrocarburos pesados, si están presentes. Puede usarse carbono activado para eliminar hidrocarburos y óxidos de carbono. El carbono activado también puede usarse para eliminar nitrógeno, oxígeno y monóxido de carbono, aunque también son eficaces zeolitas de aluminosilicatos. La eficacia de la separación y la pureza del gas de atmósfera reciclado 62 es una función del aparato de separación. Para un aparato de PSA, la elección de la frecuencia con la que pueden usarse las funciones de secuencia de válvulas varía la pureza del producto para un tamaño de aparato dado y las características del adsorbente. Por lo tanto, cuando la señal de control 36 del analizador de pureza de gases 32 indica que la pureza es inferior al valor objetivo deseado, la frecuencia con la que opera el ciclo de PSA se aumenta para aumentar la pureza. Esto tiene como consecuencia una proporción superior de gas de atmósfera de desecho también, que después o bien se evacua o bien se usa como gas combustible. Si el gas reciclado tiene menos impurezas que el valor objetivo, la frecuencia de ciclo de PSA se reduce, aumentando el nivel de impurezas pero aumentando también la proporción del gas de atmósfera que se recicla.

En una realización alternativa en la que no se usa un analizador de pureza de gases, la frecuencia de ciclo de válvula de PSA puede mantenerse constante. Esto tendrá como consecuencia variaciones de pureza con el caudal de gas de atmósfera impuro a la PSA, así como con los niveles de impureza en el gas de atmósfera impuro. Alternativamente, la frecuencia de ciclo de válvula de PSA puede variar con el caudal del gas de atmósfera impuro. Este caudal puede medirse con un flujómetro o, alternativamente, puede asumirse proporcional a la velocidad del compresor 55. La velocidad del compresor 55 puede variar con el fin de mantener la presión medida mediante el sensor de presión 56 en contacto fluido con el regulador de gas de entrada esencialmente constante. En esta realización, pueden compensarse variaciones en el flujo de atmósfera mediante el al menos un horno de tratamiento térmico por medio de las variaciones de velocidad del compresor. En una realización alternativa en la que la velocidad del compresor es constante, el flujo permanecerá esencialmente constante mientras la presión del horno se mantenga esencialmente constante mediante la válvula de contrapresión 14. Esto reduce ventajosamente la complejidad, pero tiene como consecuencia un sistema que recupera una cantidad total más pequeña de gas de atmósfera. El compresor también puede estar provisto, ventajosamente, de una derivación para permitir reposar al compresor. Esta configuración permite flujos inferiores de procesamiento que se proporcionan con una velocidad mínima permisible del compresor 55. De hecho, esta válvula de derivación permite el reposo en continuo del

compresor 55 a un flujo neto cero, facilitando el retorno rápido a condiciones de flujo.

5 Los métodos de control del caudal anteriores pueden combinarse con el uso de descargadores de válvula. De este modo, a una velocidad mínima del compresor, la modulación posterior del caudal de atmósfera evacuada puede lograrse accionando los dispositivos de descarga de válvula de succión o descarga. De este modo, la modulación del caudal contemplada en el presente documento puede basarse puramente en la velocidad, o puede basarse en los controles de capacidad tales como descargadores de válvula o una estrangulación de succión. Además, esta modulación puede ser continua, o puede ser discontinua, ya que se logra mediante el uso de dos motores de velocidad o mediante el uso de uno o más conjuntos de válvulas del descargador dispuestas en el compresor 55.

10 Cuando se usa la modulación discontinua, también puede usarse un cambio discontinuo correspondiente en el tiempo de ciclo de válvula de PSA para lograr la pureza de la atmósfera reciclada correcta como en la realización en la que los cambios son esencialmente continuos.

15 En cualquier realización que use una PSA, la realización del adsorbente de la PSA dependerá de la temperatura del gas de alimentación de atmósfera impuro. Las temperaturas altas reducen la capacidad del adsorbente en la PSA para vapores de impurezas, lo que tiene como consecuencia, por lo tanto, una pureza de gas reciclado inferior. Las temperaturas más frías tienen como consecuencia una capacidad de adsorción superior y, por lo tanto, la pureza aumenta correspondientemente a la misma frecuencia de ciclo de válvula.

20 El sensor de temperatura 67 puede usarse como entrada de control al separador de gas por PSA 61. Temperaturas más altas corresponden a frecuencias de variación de válvula superiores, mientras que temperaturas inferiores facilitan frecuencias inferiores y una recuperación fraccionada superior del gas de atmósfera.

25 La combinación de frecuencias de válvula que son proporcionales al caudal en base a la velocidad del compresor 55 y se ajustan en base a la temperatura del gas de alimentación 67 proporciona una estrategia de control sencilla para el separador por PSA 67 que maximiza la recuperación fraccionada a un nivel de pureza deseado para compensar variaciones en el caudal de gas de alimentación y la temperatura. Esta realización reduce de forma deseable los costes en comparación con el uso del analizador de gas 32, pero no evita, de forma no deseable, fluctuaciones de pureza en la atmósfera reciclada debidas a fluctuaciones en niveles de impureza de la alimentación de gas de

30 atmósfera impuro, de modo que ninguna realización es preferente en todas las situaciones.

La presente invención puede usarse para reciclar componentes de la atmósfera usados en los métodos de tratamiento térmico, por ejemplo, en métodos metalúrgicos o de semiconductores.

35 Debe indicarse que las realizaciones ejemplares representadas y descritas en el presente documento establecen las realizaciones preferentes de la presente invención y no pretenden limitar el alcance de las reivindicaciones a las mismas de ningún modo.

40 Son posibles numerosas modificaciones y variaciones de la presente invención a la luz de las enseñanzas anteriores. Por lo tanto, debe entenderse que, dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas, la invención puede ponerse en práctica de un modo distinto al descrito específicamente en el presente documento.

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema de reciclaje de un gas de atmósfera evacuado que comprende:

5 una cámara de tratamiento térmico (10),

un gas de atmósfera protectora en dicha cámara de tratamiento térmico,

un suministro de combustible (12),

10 un suministro de gas de atmósfera (11),

un aparato de reciclaje de atmósfera (21) configurado para recibir el gas de atmósfera evacuado y para usar una corriente impura como combustible para la cámara de tratamiento térmico (10), comunicando la corriente impura con uno o más orificios de evacuación de atmósfera, incluyendo dicho aparato de reciclaje de atmósfera (21) un separador de gas configurado para separar el gas de atmósfera evacuado en una corriente de gas de atmósfera purificado y la corriente impura;

15

comprendiendo además el sistema un recipiente de almacenamiento (22) configurado para recibir la corriente de gas de atmósfera purificado procedente de dicho aparato de reciclaje de atmósfera (21), y configurado para complementar el suministro de gas de atmósfera (11) a la cámara de tratamiento térmico (10) con la corriente de gas de atmósfera purificado;

20

caracterizado porque además comprende:

25 un regulador de presión principal (24) dispuesto entre el suministro de gas de atmósfera (11) y la cámara de tratamiento térmico (10), y

30 un regulador de presión posterior (23) dispuesto entre dicho recipiente de almacenamiento (22) y la cámara de tratamiento térmico (10);

en el que dicho regulador de presión primario (24) tiene una presión de referencia que es inferior a la presión de referencia de dicho regulador de presión posterior (23)

35 2. El sistema según la reivindicación 1, que además comprende una válvula economizadora (25) dispuesta entre el suministro de gas de atmósfera (11) y la cámara de tratamiento térmico (10), en el que dicho regulador de presión posterior (23) tiene una presión de referencia que es inferior a la presión de referencia de dicha válvula economizadora (25).

40 3. El sistema según la reivindicación 2, en el que la presión de referencia de dicho regulador de presión posterior (23) es superior a la presión de referencia de dicho regulador de presión principal (24).

4. Un método de reciclaje de un gas de atmósfera evacuado descargado desde una cámara de tratamiento térmico que usa un gas de atmósfera protectora en la misma, comprendiendo dicho método:

45 recibir el gas de atmósfera evacuado descargado desde la cámara de tratamiento térmico (10),

separar el gas de atmósfera evacuado en una corriente de gas de atmósfera purificado y en una corriente impura,

50 usar la corriente impura como combustible para la cámara de tratamiento térmico (10),

recibir la corriente de gas de atmósfera purificado en un recipiente de almacenamiento (22) y complementar el suministro de gas de atmósfera (11) a la cámara de tratamiento térmico (10) con la corriente de gas de atmósfera purificado,

55 proporcionar un regulador de presión principal (24) entre el suministro de gas de atmósfera (11) y la cámara de tratamiento térmico (10), y

60 proporcionar un regulador de presión posterior (23) entre el recipiente de almacenamiento (22) y la cámara de tratamiento térmico (10);

en el que el regulador de presión primario tiene una presión de referencia que es inferior a la presión de referencia del regulador de presión posterior (23).



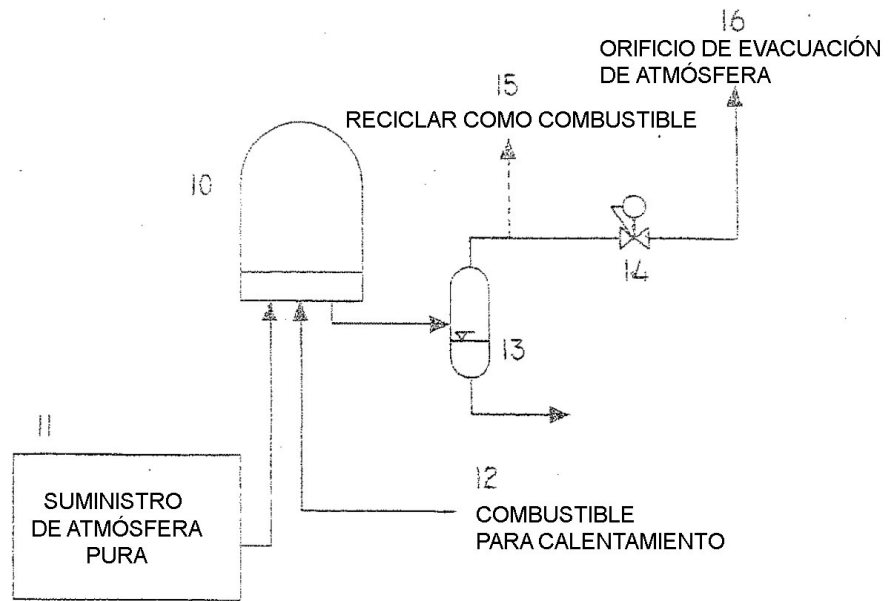


Figura 1

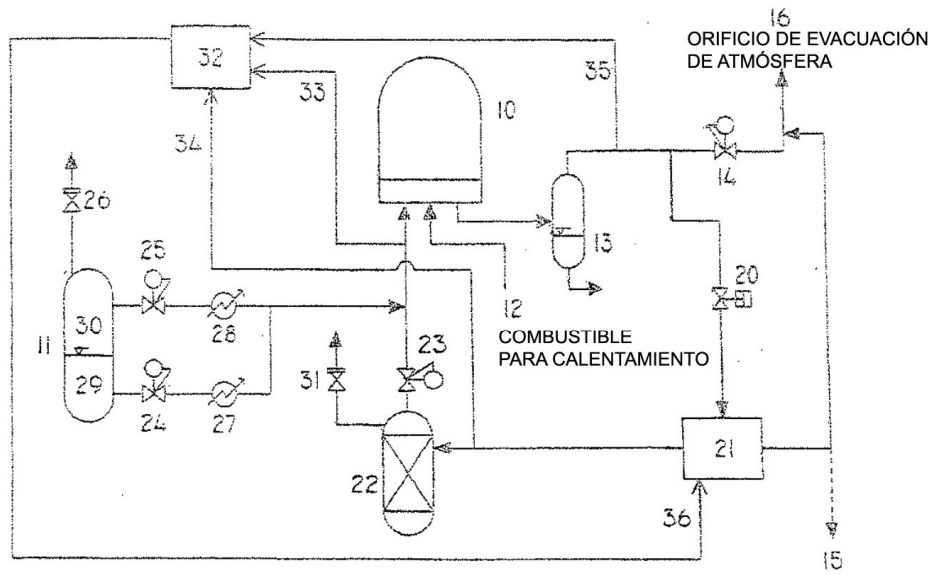


Figura 2

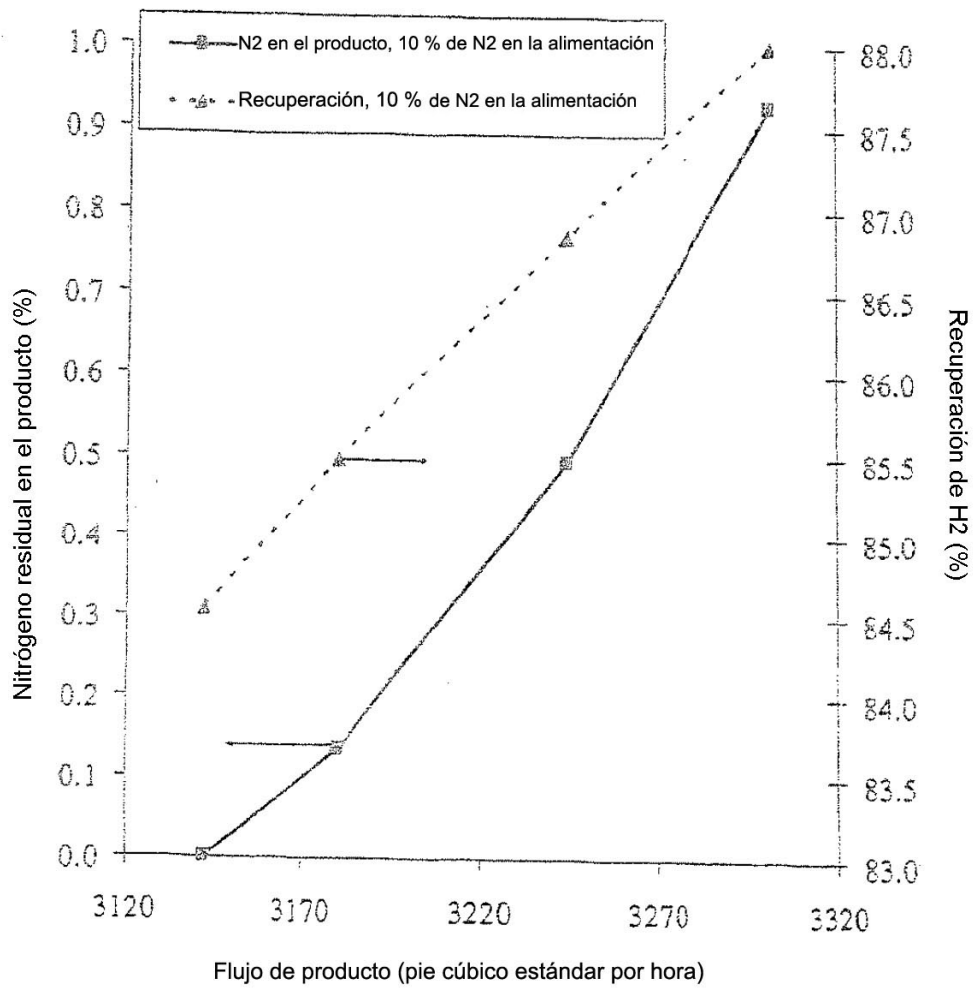


Figura 3a

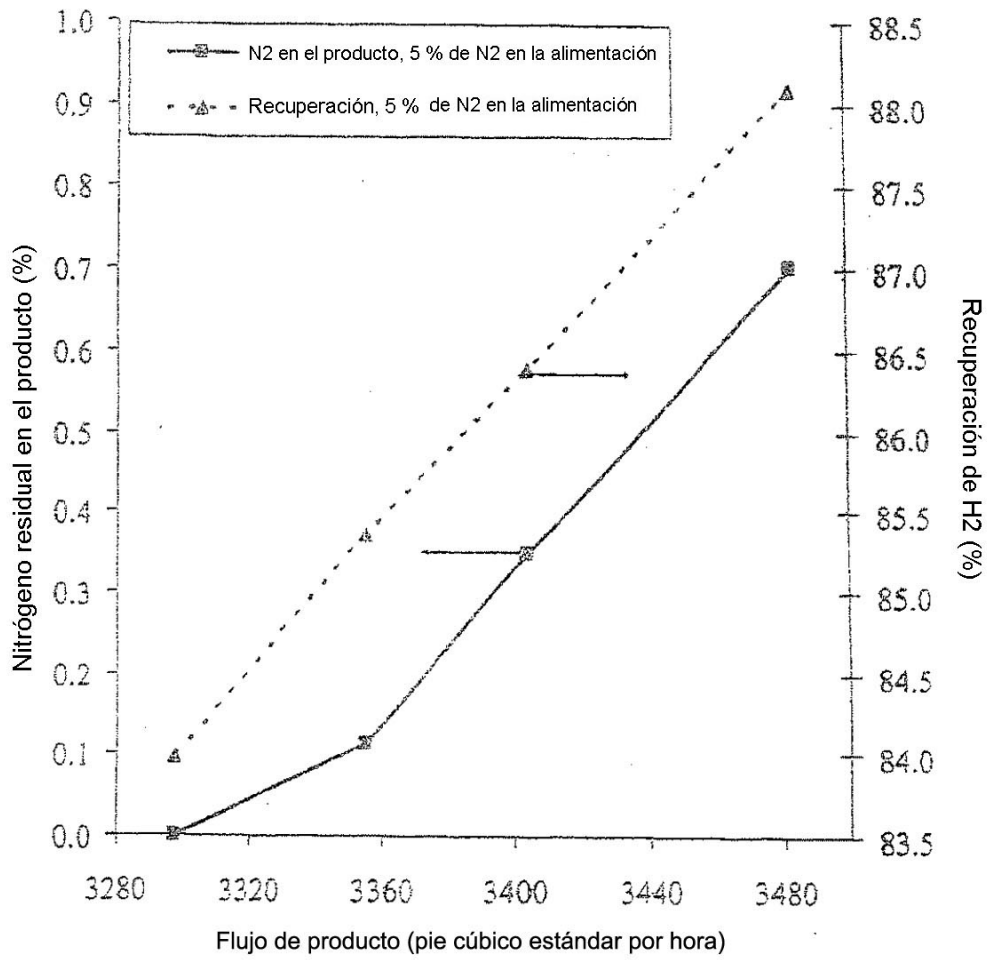


Figura 3b

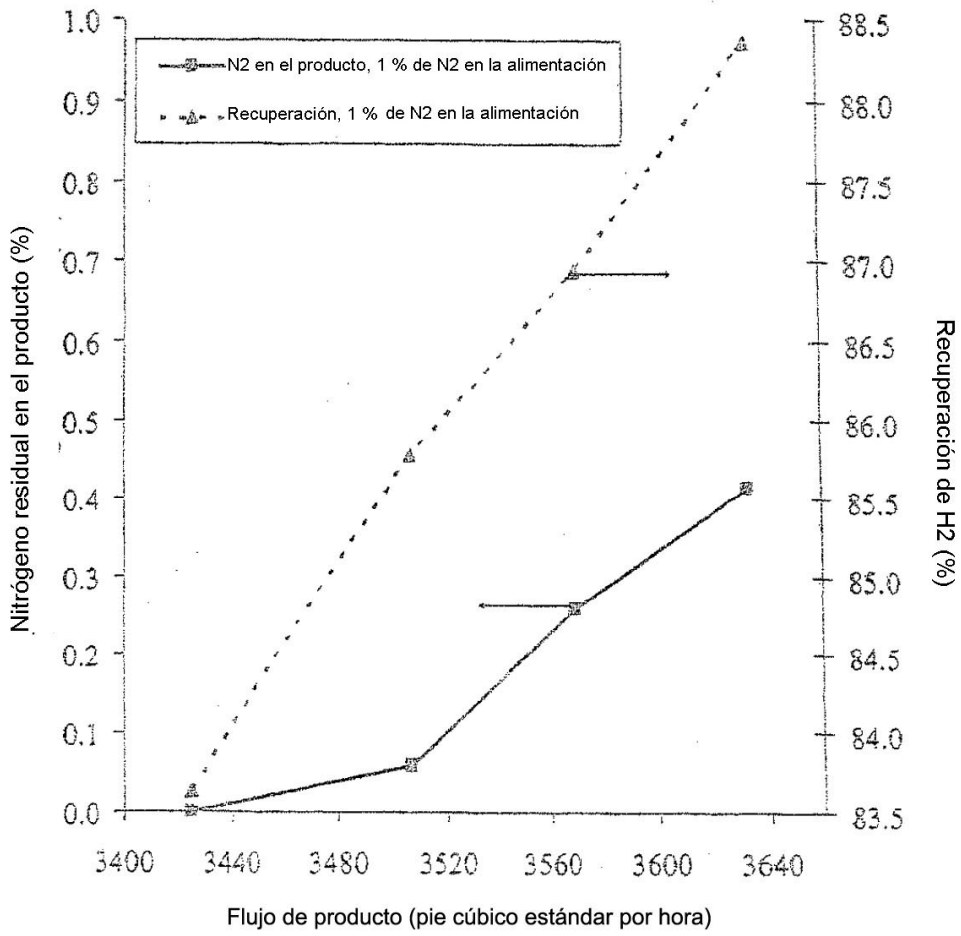


Figura 3c

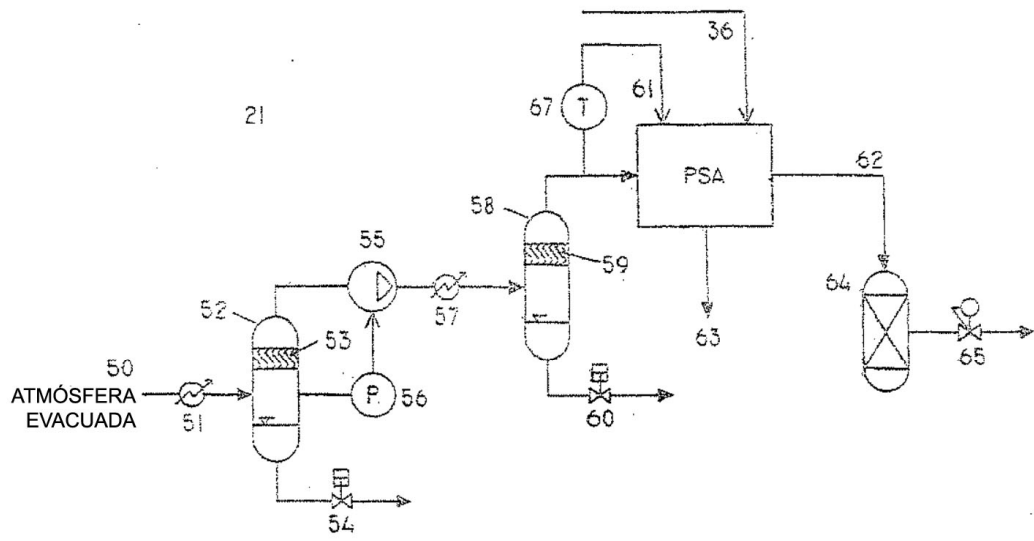


Figura 4