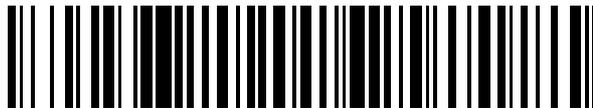


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 618 294**

21 Número de solicitud: 201500912

51 Int. Cl.:

F04D 29/58 (2006.01)

F04B 25/00 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

18.12.2015

43 Fecha de publicación de la solicitud:

21.06.2017

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDADE DA CORUÑA (100.0%)
OTRI - Edificio de Servicios Centrales de
Investigación. Campus de Elviña, s/n
15071 A Coruña ES**

72 Inventor/es:

FERREIRO GARCÍA, Ramón

54 Título: **Sistema de almacenamiento de hidrógeno por compresión asistido mediante calor residual de compresión**

57 Resumen:

La invención denominada "sistema de almacenamiento de hidrógeno por compresión asistido mediante calor residual de compresión", consiste en la compresión eficiente del hidrógeno a alta presión (900-1000 bar) en donde el calor desarrollado por el proceso de compresión multi-etapa con enfriamiento intermedio del hidrógeno, es utilizado para ser convertido en energía mecánica y/o eléctrica y utilizarla para abastecer parcialmente de la demanda de energía de compresión, incrementando significativamente la eficiencia del proceso global de compresión.

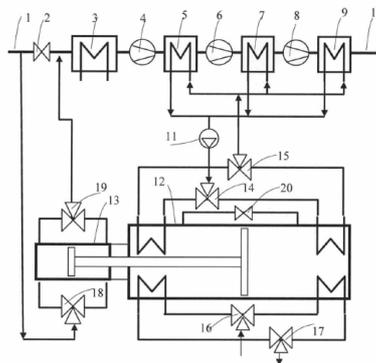


FIGURA 1

DESCRIPCIÓN

Sistema de almacenamiento de hidrógeno por compresión asistido mediante calor residual de compresión.

5

Campo técnico de la invención

La presente invención pertenece al campo técnico del almacenamiento a alta presión del hidrógeno destinado a la alimentación de combustible a las máquinas térmicas que operan con hidrógeno como combustibles.

10

Objetivo de la invención

El objetivo de la presente invención denominada "SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE HIDRÓGENO POR COMPRESIÓN ASISTIDO MEDIANTE CALOR RESIDUAL DE COMPRESIÓN", consiste en la compresión eficiente del hidrógeno a alta presión (900-1000 bar) en donde el calor desarrollado por el proceso de compresión multi-etapa o polifásico con enfriamiento intermedio del hidrógeno, es utilizado para ser convertido en energía mecánica y/o eléctrica y utilizarla para abastecer parcialmente la demanda de energía de compresión, reduciendo significativamente el trabajo neto de compresión o incrementando significativamente la eficiencia del proceso global de compresión.

15

20

Antecedentes de la invención

Los procedimientos actualmente conocidas de almacenamiento de hidrógeno están basadas en las siguientes tecnologías:

25

Almacenamiento físico que comprende,

30

- compresión gaseosa del hidrógeno por encima de los 700 bar

- compresión criogénica entre 10 y 350 bar

- licuación del hidrógeno entre 1 y 10 bar almacenado en tanques criogénicos

35

Almacenamiento sólido del hidrógeno que comprende los procedimientos basados en

- hidruros o compuestos de hidrógeno con otros elementos metálicos, químicos, u orgánicos tales como

40

- adsorción basada en carbón activado,

- adsorción basada en zeolitos o roca sólida natural muy porosa o,

45

- adsorción basada en compuestos metal-orgánicos MOF (metal-organic frameworks).

La técnica de almacenamiento del hidrógeno propuesta en este invento pertenece al grupo de compresión gaseosa del hidrógeno por encima de los 700 bar en el que se aprovecha la energía residual de compresión del hidrógeno, cuyo calor es convertido en energía mecánica y/o eléctrica para ser recuperada y alimentar el proceso de compresión del hidrógeno tanto opcionalmente por vía mecánica o eléctrica.

50

Breve descripción de la invención

5 El invento denominado "SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE HIDRÓGENO POR COMPRESIÓN ASISTIDO MEDIANTE CALOR RESIDUAL DE COMPRESIÓN" consiste en aprovechar la energía térmica residual generada durante el proceso de compresión del hidrógeno, y convertirla a energía mecánica y/o eléctrica para complementar la demanda de energía mecánica o eléctrica utilizada por el sistema de compresión de hidrógeno. El sistema se funda en que el calor de refrigeración de los compresores de baja, media y alta presión es utilizado para accionar un cilindro actuador alternativo, el cual acciona un cilindro compresor de hidrógeno que contribuye a incrementar la presión del hidrógeno a la entrada del compresor de hidrógeno de la primera fase, reduciendo el trabajo neto de compresión e incrementando la eficiencia térmica de la planta.

Descripción de las figuras

15 En esta sección se describen a modo ilustrativo y no limitativo, los componentes que constituyen la invención denominada "SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE HIDRÓGENO POR COMPRESIÓN ASISTIDO MEDIANTE CALOR RESIDUAL DE COMPRESIÓN" para facilitar la comprensión de la invención en donde se hace referencia a las siguientes figuras:

20 La figura 1, muestra el esquema de la configuración fundamental de la invención denominada "SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE HIDRÓGENO POR COMPRESIÓN ASISTIDO MEDIANTE CALOR RESIDUAL DE COMPRESIÓN", la cual muestra los siguientes componentes:

- 1 conducto de abastecimiento de hidrógeno a baja presión
- 2 válvula by-pass
- 30 3 enfriador de hidrógeno a temperatura ambiental
- 4 compresor de hidrógeno de la primera fase
- 35 5 enfriador de hidrógeno de la primera fase
- 6 compresor de hidrógeno de la segunda fase
- 7 enfriador de hidrógeno de la segunda fase
- 40 8 compresor de hidrógeno de la tercera fase
- 9 enfriador de hidrógeno de la tercera fase
- 45 10 conducto de descarga de hidrógeno a alta presión
- 11 bomba de circulación del fluido térmico de trabajo
- 12 cilindro actuador
- 50 13 cilindro compresor de hidrógeno
- 14 válvula 2p-3v (dos posiciones-tres vías) de suministro de calor al cilindro actuador

15 válvula 2p-3v de retorno de calor del cilindro actuador

16 válvula 2p-3v de suministro de frío al cilindro actuador

5 17 válvula 2p-3v de retorno de frío del cilindro actuador

18 válvula 2p-3v de suministro de hidrógeno al cilindro compresor

10 19 válvula 2p-3v de descarga de hidrógeno del cilindro compresor

20 válvula de regeneración por mezcla en el cilindro actuador

Descripción detallada de la invención

15 El "SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE HIDRÓGENO POR COMPRESIÓN ASISTIDO MEDIANTE CALOR RESIDUAL DE COMPRESIÓN", constituido por los siguientes componentes:

20 - conducto de abastecimiento de hidrógeno a baja presión (1) procedente de la planta generadora de hidrógeno

25 - válvula by-pass (2) destinada a facilitar la entrada de hidrógeno directamente desde la planta generadora de hidrógeno al compresor de hidrógeno de la primera fase durante la fase de operación de puesta en marcha de la planta

- enfriador de hidrógeno a temperatura ambiental (3)

- compresor de hidrógeno de la primera fase (4)

30 - enfriador de hidrógeno de la primera fase (5) que opera como recuperador de calor del compresor de la primera fase

- compresor de hidrógeno de la segunda fase (6)

35 - enfriador de hidrógeno de la segunda fase (7) que opera como recuperador de calor del compresor de la segunda fase

- compresor de hidrógeno de la tercera fase (8)

40 - enfriador de hidrógeno de la tercera fase (9) que opera como recuperador de calor del compresor de la tercera fase

10 conducto de descarga de hidrógeno a alta presión (10) hacia las botellas-cilindro de almacenamiento

45 - bomba de circulación del fluido térmico de trabajo (11) el cual opera en circuito cerrado

- cilindro actuador (12) el cual, en virtud del calor suministrado se desplaza en sentido opuesto al de aplicación del calor y en el mismo sentido de aplicación de frío

50 - cilindro compresor de hidrógeno (13) el cual es accionado por el cilindro actuador (12)

- válvula 2p-3v (dos posiciones-tres vías) de suministro de calor al cilindro actuador (14) mediante un fluido térmico de trabajo que puede ser un aceite térmico o un fluido térmico gaseoso tal como hidrógeno o helio

5 - válvula 2p-3v de retorno de calor del cilindro actuador (15) mediante un fluido térmico de trabajo

- válvula 2p-3v de suministro de fluido frío al cilindro actuador (16) que consiste en un fluido térmico de enfriamiento tal como agua fresca

10 - válvula 2p-3v de retorno de fluido frío del cilindro actuador (17)

- válvula 2p-3v de suministro de hidrógeno al cilindro compresor (18) por la zona de aspiración del compresor alternativo (13)

15 - válvula 2p-3v de descarga de hidrógeno del cilindro compresor (19) hacia el enfriador de hidrógeno (3)

20 - válvula de regeneración por mezcla en el cilindro actuador (20) destinada a intercomunicar las dos zonas del cilindro (12) con objeto de contribuir a regenerar por mezcla ambas zonas del cilindro actuador de modo alternativo.

25 El citado conjunto de elementos se halla caracterizado por operar de manera que el calor generador por los compresores (4), (6) y (8) es aprovechado para abastecer parcialmente al sistema de compresión, mediante el compresor alternativo (13) accionado por el cilindro actuador (12), según la siguiente secuencia:

30 el hidrógeno a comprimir es suministrado por el conducto de abastecimiento de hidrógeno a baja presión (1) y conducido a través de la válvula by-pass (2) y el enfriador (3) hacia el compresor de hidrógeno de la primera fase. Seguidamente es enfriado mediante el fluido de térmico de trabajo en el enfriador (5), se comprime de nuevo en el compresor de hidrógeno de la segunda fase, se enfría en el enfriador de hidrógeno de la segunda fase (7), repitiendo el proceso de compresión y enfriamiento en el compresor de hidrógeno de la tercera fase (8) y enfriado mediante el enfriador de hidrógeno de la tercera fase (9),
35 siendo almacenado en botellas o cilindros a alta presión (800-1000) bar. Cuando el cilindro actuador (12) que acciona el compresor alternativo (13) dispone de suficiente calor para operar, se cierra la válvula by-pass (2) obligando al hidrógeno presente en el conducto de abastecimiento de hidrógeno (1) a pasar al compresor (13) que lo comprime y lo transfiere a través de enfriador (3) para ser comprimido mediante el compresor de hidrógeno (4) y las sucesivas fases hasta la salida por el conducto de descarga de hidrógeno a alta presión (10), en torno a 800-1000 bar.

45 Donde el cilindro actuador (12) opera de manera que el fluido térmico de trabajo a alta temperatura impulsado por la bomba de circulación (11) pasa al calentador ubicado en la zona izquierda del cilindro actuador (12) a través de la válvula 2p-3v (14), y retornando por la válvula 2p-3v (15) a baja temperatura, con lo cual la zona izquierda del cilindro (12) es activa y el pistón del cilindro actuador (12) se desplaza hacia la derecha, mientras que el fluido refrigerante de trabajo entra a la zona derecha del cilindro actuador por la válvula 2p-3v (16) y sale por la válvula 2p-3v (17). Cuando el cilindro actuador haya alcanzado el
50 fin de carrera derecho se cierran las válvulas 2p-3v (14), (15), (16) y (17), se abre la válvula de regeneración (20) hasta que se igualen las presiones entre ambas zonas del cilindro actuador (12). En este estado se cierra la válvula 2p-3v (17) y se repite el ciclo con el rol de las válvulas 2p-3v (14), (15), (16) y (17) cambiado para hacer activa la zona

derecha del cilindro actuador (12) causando que su pistón o émbolo se desplace hacia la izquierda.

Realización preferente de la invención

5

La realización preferente del SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE HIDRÓGENO POR COMPRESIÓN ASISTIDO MEDIANTE CALOR RESIDUAL DE COMPRESIÓN, corresponde al esquema mostrado en la figura 1 de acuerdo con la descripción dada en la sección precedente relativa a la descripción detallada de la invención.

10

REIVINDICACIONES

1. Sistema de almacenamiento de hidrógeno por compresión asistido mediante calor residual de compresión, el cual está constituido por los siguientes componentes:

- 5
- conducto de abastecimiento de hidrógeno a baja presión (1) procedente de la planta generadora de hidrógeno
- 10
- válvula by-pass (2) destinada a facilitar la entrada de hidrógeno directamente desde la planta generadora de hidrógeno al compresor de hidrógeno de la primera fase durante la fase de operación de puesta en marcha de la planta
 - enfriador de hidrógeno a temperatura ambiental (3)
- 15
- compresor de hidrógeno de la primera fase (4)
 - enfriador de hidrógeno de la primera fase (5) que opera como recuperador de calor del compresor de la primera fase
- 20
- compresor de hidrógeno de la segunda fase (6)
 - enfriador de hidrógeno de la segunda fase (7) que opera como recuperador de calor del compresor de la segunda fase
- 25
- compresor de hidrógeno de la tercera fase (8)
 - enfriador de hidrógeno de la tercera fase (9) que opera como recuperador de calor del compresor de la tercera fase
- 30
- 10 conducto de descarga de hidrógeno a alta presión (10) hacia las botellas-cilindro de almacenamiento
 - bomba de circulación del fluido térmico de trabajo (11) el cual opera en circuito cerrado
- 35
- cilindro actuador (12) el cual, en virtud del calor suministrado se desplaza en sentido opuesto al de aplicación del calor y en el mismo sentido de aplicación de frío
 - cilindro compresor de hidrógeno (13) el cual es accionado por el cilindro actuador (12)
- 40
- válvula 2p-3v (dos posiciones-tres vías) de suministro de calor al cilindro actuador (14) mediante un fluido térmico de trabajo que puede ser un aceite térmico o un fluido térmico gaseoso tal como hidrógeno o helio
- 45
- válvula 2p-3v de retorno de calor del cilindro actuador (15) mediante un fluido térmico de trabajo
 - válvula 2p-3v de suministro de fluido frío al cilindro actuador (16) que consiste en un fluido térmico de enfriamiento tal como agua fresca
- 50
- válvula 2p-3v de retorno de fluido frío del cilindro actuador (17)
 - válvula 2p-3v de suministro de hidrógeno al cilindro compresor (18) por la zona de aspiración del compresor alternativo (13)

- válvula 2p-3v de descarga de hidrógeno del cilindro compresor (19) hacia el enfriador de hidrógeno (3)

5 - válvula de regeneración por mezcla en el cilindro actuador (20) destinada a intercomunicar las dos zonas del cilindro (12) con objeto de contribuir a regenerar por mezcla ambas zonas del cilindro actuador de modo alternativo,

10 se halla **caracterizado** por operar de manera que el calor generador por los compresores (4), (6) y (8) es aprovechado para abastecer parcialmente al sistema de compresión, mediante el compresor alternativo (13) accionado por el cilindro actuador (12).

15 2. Sistema de almacenamiento de hidrógeno por compresión asistido mediante calor residual de compresión según reivindicación 1ª **caracterizado** por el procedimiento de operación según el cual, el hidrógeno a comprimir es suministrado por el conducto de abastecimiento de hidrógeno a baja presión (1) y conducido a través de la válvula by-pass (2) y el enfriador (3) hacia el compresor de hidrógeno de la primera fase. Seguidamente es enfriado mediante el fluido de térmico de trabajo en el enfriador (5), se comprime de nuevo en el compresor de hidrógeno de la segunda fase, se enfría en el enfriador de hidrógeno de la segunda fase (7), repitiendo el proceso de compresión y enfriamiento en el compresor de hidrógeno de la tercera fase (8) y enfriado mediante el enfriador de hidrógeno de la tercera fase (9), siendo almacenado en botellas o cilindros a alta presión (800-1000) bar. Cuando el cilindro actuador (12) que acciona el compresor alternativo (13) dispone de suficiente calor para operar, se cierra la válvula by-pass (2) obligando al hidrógeno presente en el conducto de abastecimiento de hidrógeno (1) a pasar al compresor (13) que lo comprime y lo transfiere a través de enfriador (3) para ser comprimido mediante el compresor de hidrógeno (4) y las sucesivas fases hasta la salida por el conducto de descarga de hidrógeno a alta presión (10), en torno a 800-1000 bar.

30 Donde el cilindro actuador (12) opera de manera que el fluido térmico de trabajo a alta temperatura impulsado por la bomba de circulación (11) pasa al calentador ubicado en la zona izquierda del cilindro actuador (12) a través de la válvula 2p-3v (14), y retornando por la válvula 2p-3v (15) a baja temperatura, con lo cual la zona izquierda del cilindro (12) es activa y el pistón del cilindro actuador (12) se desplaza hacia la derecha, mientras que el fluido refrigerante de trabajo entra a la zona derecha del cilindro actuador por la válvula 2p-3v (16) y sale por la válvula 2p-3v (17). Cuando el cilindro actuador haya alcanzado el fin de carrera derecho se cierran las válvulas 2p-3v (14), (15), (16) y (17), se abre la válvula de regeneración (20) hasta que se igualen las presiones entre ambas zonas del cilindro actuador (12). En este estado se cierra la válvula 2p-3v (17) y se repite el ciclo con el rol de las válvulas 2p-3v (14), (15), (16) y (17) cambiado para hacer activa la zona derecha del cilindro actuador (12) causando que su pistón o émbolo se desplace hacia la izquierda.

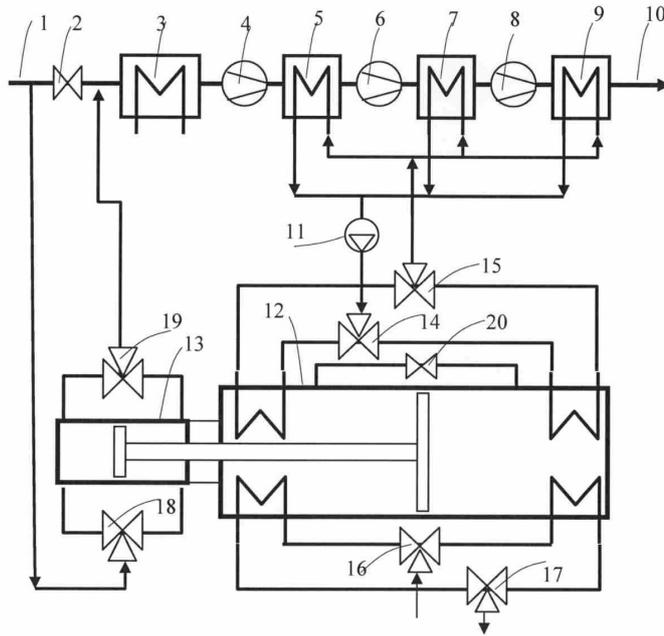


FIGURA 1



OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②① N.º solicitud: 201500912

②② Fecha de presentación de la solicitud: 18.12.2015

③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: **F04D29/58** (2006.01)
F04B25/00 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	DE 3134844 A1 (PUMPEN & VERDICHTER VEB K) 08/07/1982, página 2, líneas 3 - 5; líneas 36 - 38; página 3, líneas 3 - 5; líneas 9 - 11; página 3, línea 27 - página 4, línea 13; página 4, líneas 24 - 27; figuras.	1-2
A	FR 402589 A (LAURENT PIERRE GUEDON) 12/10/1909, página 1, línea 1 - página 2, línea 36; figura.	1-2

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
26.07.2016

Examinador
A. Rodríguez Cogolludo

Página
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

F04D, F04B

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 26.07.2016

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-2	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones 1-2	SI
	Reivindicaciones	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	DE 3134844 A1 (PUMPEN & VERDICHTER VEB K)	08.07.1982
D02	FR 402589 A (LAURENT PIERRE GUEDON)	12.10.1909

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

Los documentos D01 y D02 divulgan sendos sistemas de aprovechamiento del calor de compresión de un gas.

En el documento D01, el calor generado en un proceso de compresión multietapa (1.1, 1.2, 1.3) se cede directamente, o de forma indirecta por medio de los enfriadores (2), al evaporador (4) de un ciclo de bomba de calor por absorción, según se muestra en los modos de realización representados, respectivamente, en las figuras 1 y 2.

En el documento D02, el calor que se genera en la compresión de aire (a) se emplea, haciendo uso de un intercambiador de calor (e), para calentar un flujo de agua, el cual se introducirá posteriormente en unas calderas de vapor a través de los conductos (i) o (l), según su nivel de presión.

Ninguno de los documentos citados, D01 y D02, se considera de especial relevancia, ya que en el sistema de la solicitud, el calor generado por los compresores se emplea de forma distinta, alimentando un sistema de cilindros móviles que producen un trabajo mecánico de compresión y abastecen al propio sistema del que se extrae el calor. Tampoco existe en los documentos citados información que pudiera dirigir a un experto en la materia al procedimiento reivindicado por el solicitante.

Por tanto, se considera que la reivindicación 1 de la solicitud, al igual que la reivindicación 2 dependiente de ella, serían nuevas de acuerdo con el art. 6.1 de la Ley 11/1986 de Patentes.