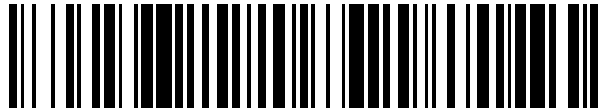


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 718 396**

21 Número de solicitud: 201731494

51 Int. Cl.:

F02B 13/10 (2006.01)
F02B 47/00 (2006.01)
F02M 25/00 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

29.12.2017

43 Fecha de publicación de la solicitud:

01.07.2019

71 Solicitantes:

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (100.0%)
Plaza de Santa Cruz, 5 Bajo
47002 Valladolid ES

72 Inventor/es:

GARCÍA RODRÍGUEZ, Yoana;
MATO CHAIN, Fidel A. y
GARCÍA SERNA, Juan

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

54 Título: **MÉTODO DE RECUPERACIÓN ENERGÉTICA Y SISTEMA CON CAPACIDAD DE RECUPERACIÓN ENERGÉTICA**

57 Resumen:

La presente invención da a conocer un método de recuperación de energía y un sistema con capacidad de recuperación de energía que comprende una etapa de recuperación de un efluente y una etapa de inyección del efluente recuperado a un generador de energía en el que el generador de energía es un motor de combustión interna que comprende una entrada de combustible, una serie de cilindros y una salida conectada a un árbol de levas.

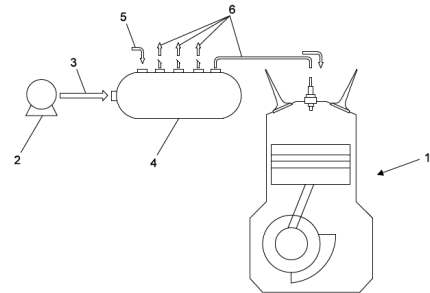


FIG. 1

**METODO DE RECUPERACIÓN ENERGÉTICA Y SISTEMA CON CAPACIDAD DE
RECUPERACIÓN ENERGÉTICA**

DESCRIPCIÓN

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a un método de recuperación energética.

En particular, la presente invención se refiere a un método que permite la recuperación de energía en sistemas de procesos químicos a altas presiones y/o temperaturas. Un ejemplo de dichos sistemas es un sistema para la oxidación en agua supercrítica en el que se obtienen residualmente efluentes acuosos en estado supercrítico que involucran altas presiones y
10 temperaturas que, mediante la presente invención, se pueden reutilizar para la generación de energía.

Antecedentes de la invención

Son conocidos sistemas en los que se ha efectuado algún tipo de integración
15 energética de procesos químicos y físico-químicos de oxidación en agua supercrítica utilizando equipos dinámicos para la producción de energía mediante una turbina de gas. Por ejemplo, en el artículo de García-Rodríguez Y., Mato F. A., Martín A., Bermejo M. D., Cocero M.J. titulado "Energy recovery from effluents of supercritical water oxidation reactors, The
20 Journal of Supercritical Fluids, 104 (2015) p. 1-9 se da a conocer una simulación con una turbina de gas en la que se inyecta una corriente efluente a altas presiones y temperaturas (23 MPa y más de 500°C), dando como resultado la producción de potencia extra entre el 25 y 35%.

Descripción de la invención

25 La presente invención da a conocer un método de recuperación energética en el que un efluente procedente de cualquier proceso subcrítico o supercrítico es inyectado a un motor de combustión interna. Estas condiciones de presión y temperatura permiten que la expansión de los gases de combustión del motor se produzca en mayor medida, aumentando así la energía producida por el motor y transmitida hacia un eje. Además, debido a la inyección, el
30 flujo másico a través del motor es más grande, reduciendo así el gasto de combustible a igual

potencia generada lo que conlleva, adicionalmente, mejoras en la emisión de gases contaminantes tales como NO_x y CO₂.

En un ejemplo de realización, el efluente se inyecta a un motor de combustión interna alternativo que puede funcionar con cualquier tipo de combustible fósil o renovable y en cualquier estado, gas, líquido o sólido. Estos motores pueden funcionar en condiciones elevadas de presión y temperatura. Además, dichos motores permiten su acoplamiento energético en procesos de diversos tamaños debido a que existe una amplia variedad de tipos de motores y tamaños de los mismos en el mercado. Otra ventaja es su bajo coste gracias a la economía de escala dado que los motores de combustión interna son utilizados habitualmente en diversos procesos industriales desde mediados del siglo XIX.

El efluente a inyectar en dichos motores es, preferentemente, un efluente resultante de los procesos donde se utiliza agua en condiciones subcríticas o supercríticas y está formado principalmente por agua y ciertas cantidades de gases de combustión o componentes minoritarios dependiendo del proceso. Este efluente contiene un elevado nivel térmico y energético y puede ser inyectado directamente en la cámara de combustión del motor. Por tratarse de una inyección a alta presión y temperatura, estas condiciones son aprovechadas tanto para precalentar el combustible del motor como para conseguir una mayor producción de energía en la etapa de expansión del cilindro del motor.

Por condiciones subcríticas se entiende que son condiciones que, aunque están por debajo del nivel supercrítico son lo suficientemente altas como para conseguir los efectos de la presente invención. En cuanto a temperatura, la presente invención considera un nivel subcrítico en el que funcionaría la invención cualquier temperatura por encima de los 350 °C, preferentemente temperaturas por encima de los 500 °C. En cuanto a presiones, la presente invención considera que con presiones por encima de los 60 bar se conseguirían los efectos de la presente invención y, preferentemente, con presiones sobre los 250 bar.

En lo sucesivo, la presente invención se describe haciendo referencia a tres métodos preferentes para la inyección del efluente a alta presión y temperatura en el interior del motor:

Método 1: inyectar el efluente en un depósito común (o common-rail, tal y como se conoce en la técnica) para conseguir así una mezcla efluente-combustible que posteriormente será inyectada en el motor.

Método 2: inyectar el efluente a través de un nuevo inyector de alta presión y temperatura en la parte superior de cilindro, al lado del inyector de combustible. El efluente de

alto contenido energético se inyecta directamente en el interior de la cámara de combustión del cilindro.

Método 3: inyectar el efluente a través de un nuevo conducto realizado en la pared del cilindro, denominado lumbrera de admisión, en el que se inserta una conexión de un material
5 resistente a altas condiciones de presión y temperatura por donde se conducirá la corriente inyectada hasta el interior de la cámara de combustión del cilindro.

En concreto, la presente invención da a conocer un método de recuperación de energía que comprende las etapas de:

- a) recuperación de un efluente;
- 10 b) inyección del efluente a un generador de energía;

en el que el generador de energía es un motor de combustión interna que comprende una entrada de combustible, una serie de cilindros y una salida conectada a un árbol de levas.

Preferentemente, la inyección del efluente de la etapa b) se realiza en una entrada de efluente conectada al menos a uno de los cilindros. Más en particular, la inyección se realiza
15 durante una combustión asociada al cilindro al que se inyecta el efluente.

En un ejemplo de realización, el método dispone de un controlador para controlar la inyección de efluente de la etapa b) al motor de combustión. Dicho controlador es, por ejemplo, un controlador electrónico y/o mecánico. En una realización especialmente preferente, el controlador se encuentra asociado al árbol de levas para realizar la sincronización con una
20 etapa determinada del motor de combustión.

Más preferentemente, la inyección del efluente se realiza sobre el combustible previo a su llegada a la entrada de combustible. Por ejemplo, el efluente se puede conectar a un conducto común (o common rail) asociado a la entrada de combustible.

En cuanto a las condiciones del efluente, dicho efluente es, preferentemente, un
25 efluente supercrítico o, al menos, un efluente a una temperatura por encima de los 350 °C y a una presión por encima de 60 bar. En cuanto a características químicas, el efluente es, preferentemente, un efluente no corrosivo a fin de evitar daños en las partes internas del generador de energía.

Por otra parte, la presente invención da a conocer un sistema de recuperación de
30 energía en una instalación que dispone de un efluente comprendiendo el sistema un motor de combustión interna que, a su vez, dispone de una serie de cilindros, una entrada de

combustible y un árbol de levas. Dicho sistema comprendiendo un conducto de interconexión entre el afluente y el motor de combustión interna destinado a inyectar el efluente al motor de combustión interna.

5 Preferentemente, el conducto de interconexión está conectado a, al menos, uno de los cilindros del motor.

En una realización particular, el sistema dispone de un controlador que sincroniza el flujo de efluente hacia el motor con la combustión de al menos uno de los cilindros. Además, se contempla que el conducto de interconexión pueda disponer de una electroválvula entre el
10 efluente y el motor de combustión interna de manera que dicha electroválvula pueda ser controlada por el controlador.

Más preferentemente, el controlador es un controlador electro-mecánico. El controlador según una realización de la presente invención puede estar asociado al árbol de levas, directamente o a través del tratamiento de una señal de control proveniente del sistema.

15 En una realización particular, el conducto de interconexión está conectado a la entrada de combustible. Por ejemplo, el conducto de interconexión está conectado a un conducto común anterior y/o a la entrada de combustible.

En cuanto a las condiciones del efluente, el efluente de dicho sistema puede ser un efluente supercrítico o, al menos, un efluente a una temperatura por encima de los 350 °C y a
20 una presión por encima de 60 bar. En cuanto a características químicas, el efluente es, preferentemente, un efluente no corrosivo a fin de evitar daños en las partes internas del generador de energía.

Breve descripción de las figuras

25 En las figuras adjuntas se muestran, de manera ilustrativa y no limitativa, ejemplos de realización del sistema según la presente invención, en las que:

- La figura 1 muestra una vista esquemática de un ejemplo de realización según la presente invención (método 1 de inyección del efluente).
- 30 - La figura 2 muestra una realización de un motor de combustión para su utilización en un método o sistema según la presente invención (método 2 de inyección del efluente).
- La figura 3 muestra otra realización de un motor de combustión para su utilización en

- un método o sistema según la presente invención (método 3 de inyección del efluente).
- La figura 4 muestra un ejemplo de sistema y método de recuperación de energía en una planta.

5 **Descripción detallada de un modo de realización**

La Figura 1 muestra, de forma esquemática, un ejemplo de realización de la presente invención según el método 1 de inyección. En la Figura 1 se observa una bomba (2) que alimenta el combustible (3) a un common-rail (4). En este common-rail (4) el combustible es mezclado con el efluente (5) que proviene de un proceso a alta presión y temperatura. La
10 mezcla efluente-combustible abandona el depósito common-rail (4) por las salidas (6), siendo al menos una de dichas salidas (6) conectadas a al menos un cilindro del motor (1).

En concreto, la presente invención contempla la inyección de dicho efluente (5) a un generador de energía, en concreto a un motor (1) de combustión interna. En particular, cuando las condiciones de presión y temperatura son supercríticas, la expansión de los gases de
15 combustión del motor (1) se produce en mayor medida, aumentando así la energía producida por el motor y transmitida hacia el eje. Además, debido a la inyección del efluente (5), el flujo másico a través del motor (1) es mayor, reduciendo así el consumo de combustible a igual potencia generada.

La Figura 2 muestra un ejemplo de realización de motor (1) adaptado para su
20 utilización en un procedimiento de recuperación de energía según la presente invención, por ejemplo mediante el método 2 de inyección. El motor (1) de la Figura 2 es un motor de combustión interna y, como tal, dispone de una entrada de combustible (7) mediante un inyector y una válvula de admisión (8) por donde se admite el aire, una salida de gases de escape (9) y dispone internamente de un cilindro (10) conectado mediante una biela (11) a un
25 cigüeñal (12).

El motor (1) es un motor del tipo ampliamente conocido que dispone de 4 etapas, una etapa de admisión en la que ingresan combustible y aire a una cámara de combustión (13) dispuesta entre el cilindro (10) y la pared superior del motor (1). Una etapa de compresión en la que se comprime la mezcla, una etapa de expansión en la que se produce una combustión
30 que genera una fuerza motriz en el cilindro y una etapa de escape en la que se expulsan los gases generados por la combustión a través de la salida de gases (9). La salida de la fuerza motriz se realiza mediante un eje conectado al cigüeñal (12).

El motor (1) de la presente invención dispone, adicionalmente, de un conducto (14) para la inyección del efluente (5) al motor (1). En concreto, en la realización mostrada en la Figura 2, se ha realizado a un motor (1) convencional una perforación en el cilindro del motor y se ha acoplado un inyector (15) por donde entraría directamente el efluente (5) a alta presión y temperatura a la cámara de combustión (13). El efluente se inyecta, preferiblemente, en la etapa de combustión del motor (1) , más preferiblemente, justo en el momento en que se da la combustión, de esta forma, la alta presión es aprovechada por la siguiente etapa del cilindro, para dar la expansión en mayor medida y consecuentemente aumentar el par motor producido por el eje del motor (1).

Con el fin de disponer de una sincronización entre la combustión interna del motor (1) y la entrada de efluente (5) se puede disponer de un controlador conectado al conducto (14) de interconexión entre el efluente y el motor (1) o en el propio inyector (15). El objetivo es sincronizar que la entrada de efluente ocurra en el momento más conveniente del ciclo, a efectos de aprovechamiento energético. El controlador puede estar asociado, por ejemplo, al árbol de levas o al menos a un cigüeñal (12), ya que la posición angular de estos elementos depende necesariamente de la posición del cilindro (10) y, en consecuencia, de la etapa en la que se encuentre.

La Figura 3 da a conocer otra realización de un motor según la presente invención. A diferencia de la realización de la figura 2 en la que el conducto (14) se dispone en la cámara de combustión, fuera de la zona de recorrido del cilindro, en la figura 3 el conducto (14) de interconexión entre el efluente y la cámara de combustión del motor (1) se dispone en un lateral en una posición intermedia en el recorrido del cilindro. El objetivo de esta realización es utilizar el cilindro (10) para bloquear el acceso del efluente (5) hacia la cámara de combustión en ciertas etapas. En este caso, la entrada del efluente únicamente ocurre una vez la combustión ha ocurrido y el cilindro baja como consecuencia de dicha expansión. En este caso, la entrada del efluente ayuda a generar una potencia extra una vez ha comenzado la expansión como consecuencia de la combustión interna.

En la Figura 3, en la entrada de efluente al motor se puede disponer de una válvula de admisión (16) cuya función es la de optimizar el tiempo y la cantidad de efluente que ingresa al motor (1).

La Figura 4 muestra un modo de realización de la presente invención utilizando el método 1 de inyección donde el efluente (5) que proviene de la planta es mezclado con el combustible (3) en un depósito common-rail (4) antes de ser inyectado en el motor. En este ejemplo de realización el sistema del que se recupera la energía corresponde a una planta de

Oxidación en Agua Supercrítica. Dicha planta corresponde a una instalación situada en la Universidad de Valladolid perteneciente al Departamento de Ingeniería Química y Medio Ambiente.

5 La planta dispone de una bomba de alimentación (17) que suministra una disolución acuosa (18) (por ejemplo, de un compuesto orgánico tal como los lodos de depuradoras) que es presurizada y precalentada por encima de las condiciones supercríticas y alternativamente, se mezcla con oxígeno (19), que en este caso se trata de aire atmosférico presurizado en un compresor (20) de cuatro etapas hasta la presión de trabajo con sistemas de refrigeración intermedios. Esta mezcla es introducida en un reactor (21).

10 El reactor (21) puede ser, por ejemplo, un reactor de pared enfriada que dispone de una cámara de reacción cilíndrica, contenida en una cámara de presión. Entre ambas cámaras, se dispone de agua de refrigeración (22) suministrada mediante una bomba de refrigeración (23) para mantener la pared exterior del reactor libre de altas temperaturas. La alimentación junto con el oxidante entra en la cámara de reacción a través de una lanza de
15 inyección tubular y justo en la parte superior de ésta, se genera una llama hidrotermal que permite mantener en condiciones supercríticas el interior del reactor y la oxidación se da rápidamente, obteniéndose dos corrientes. La corriente saliente inferior (24) es una salida líquida y consiste en una disolución acuosa de las sales (30% de los productos de reacción), y una corriente superior (5) en estado supercrítico, que abandona el reactor a altas presiones
20 y temperaturas, constituida principalmente por vapor de agua, además de nitrógeno, dióxido de carbono y oxígeno. Por lo tanto, este efluente (5) tiene un elevado contenido energético, procedente de la combustión de los compuestos orgánicos iniciales, y puede ser utilizado para integrar energéticamente la planta de proceso y satisfacer al menos parcialmente sus necesidades energéticas.

25 En concreto y como ejemplo en este caso, se puede recuperar parte de la energía disponible en dicho efluente (5) para suplir parte del consumo en la operación de compresión de los gases de entrada ejecutada por el compresor (20), lo cual conlleva un considerable gasto energético. La presente invención contempla la recuperación del efluente (5) mediante un conducto de interconexión y la inyección de dicho efluente en el motor (1) de combustión
30 interna alternativo.

Dicha interconexión puede realizarse de forma directa a la cámara de combustión del motor (1) de las formas mencionadas anteriormente o, tal y como se muestra en la Figura 4, en un conducto común de distribución con el combustible (sistema common-rail) (4). El efluente (5) inyectado sirve de apoyo al motor de combustión interna reduciendo la necesidad

de combustible directo fresco. Las condiciones del efluente permiten precalentar y presurizar el combustible del motor haciendo innecesario el gasto de energía en la bomba de éste (2).

5 El compresor (20) necesario para presurizar el aire necesario en la reacción de oxidación es acoplado al eje (25) del motor (1) para aprovechar la energía producida por este último. También la bomba (2) que presuriza el combustible del motor, puede acoplarse a este mismo eje. Por otra parte, los gases de escape del motor salen a alta temperatura a través de la salida de gases (9) y pueden ser utilizados como fluido caliente en un intercambiador de calor y ceder dicho calor para precalentar, por ejemplo, la disolución acuosa (18) que sirve de alimentación al reactor (21).

10 La inyección de efluentes de procesos a alta presión y temperatura en motores de combustión interna consigue generar energía que puede satisfacer, al menos parcialmente, necesidades energéticas de una planta. Además, dicha inyección consigue la disminución de los contaminantes generados por cualquier motor del mercado que ayudan a reducir los problemas actuales de contaminación atmosférica. Dicha reducción de contaminantes se
15 consigue al inyectar un efluente a alta presión y temperatura, ya que se disminuye la temperatura de llama alcanzada en la etapa de combustión, de esta forma la cantidad de contaminantes generados disminuye considerablemente

Adicionalmente, al aumentar la masa de compuestos inyectados, la expansión se dará en mayor medida, consiguiéndose así una mayor generación de trabajo y la reducción
20 equivalente en el consumo de combustible. Esta reducción en el consumo de combustible por energía generada conlleva una reducción proporcional en las emisiones de CO₂.

REIVINDICACIONES

1. Método de recuperación de energía que comprende las etapas de:
 - a) recuperación de un efluente;
 - b) inyección del efluente a un generador de energía;5
caracterizado porque el generador de energía es un motor de combustión interna que comprende una entrada de combustible, una serie de cilindros y una salida conectada a un árbol de levas.
- 10 2. Método, según la reivindicación 1 caracterizado porque la inyección del efluente de la etapa b) se realiza en una entrada de efluente conectada al menos a uno de los cilindros.
3. Método, según la reivindicación 2, caracterizado porque la inyección de efluente de la etapa b) se realiza durante una combustión asociada al cilindro al que se inyecta el efluente.
- 15 4. Método, según la reivindicación 2, caracterizado porque comprende un controlador para controlar la inyección de efluente de la etapa b) al motor de combustión.
5. Método, según la reivindicación 4 caracterizado porque el controlador es un controlador electrónico y/o mecánico.
- 20 6. Método según cualquiera de las reivindicaciones 4 o 5 caracterizado porque el controlador se encuentra asociado al árbol de levas.
- 25 7. Método, según la reivindicación 1, caracterizado porque la inyección del efluente se realiza sobre el combustible previo a su llegada a la entrada de combustible.
8. Método según la reivindicación 7, caracterizado porque el efluente se conecta a un conducto común asociado a la entrada de combustible.
- 30 9. Método, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el efluente es un efluente supercrítico.

10. Método, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el efluente es un efluente a una temperatura por encima de los 350 °C y a una presión por encima de 60 bar.
- 5 11. Método, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el efluente es un efluente no corrosivo.
12. Sistema de recuperación de energía en una instalación que dispone de un efluente comprendiendo el sistema un motor de combustión interna que, a su vez, dispone de una serie
10 de cilindros, una entrada de combustible y un árbol de levas, caracterizado porque comprende un conducto de interconexión entre el afluente y el motor de combustión interna destinado a inyectar el efluente al motor de combustión interna.
13. Sistema, según la reivindicación 12, caracterizado porque el conducto de interconexión
15 está conectado a, al menos, uno de los cilindros del motor.
14. Sistema, según la reivindicación 13, caracterizado porque comprende un controlador que sincroniza el flujo de efluente hacia el motor con la combustión de al menos uno de los cilindros.
20
15. Sistema, según la reivindicación 14, caracterizado porque el conducto de interconexión dispone de una electroválvula entre el efluente y el motor de combustión interna siendo dicha electroválvula controlada por el controlador.
- 25 16. Sistema, según cualquiera de las reivindicaciones 14 o 15, caracterizado porque el controlador es un controlador electro-mecánico.
17. Sistema, según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 16, caracterizado porque el controlador está asociado al árbol de levas.
30
18. Sistema, según la reivindicación 12, caracterizado porque el conducto de interconexión está conectado a la entrada de combustible.
19. Sistema, según la reivindicación 18, caracterizado porque el conducto de interconexión
35 está conectado a un conducto común anterior a la entrada de combustible.

20. Sistema, según la reivindicación 18, caracterizado porque el conducto de interconexión está conectado a la entrada de combustible.

21. Sistema, según cualquiera de las reivindicaciones 12 a 20 caracterizado porque el
5 efluente es un efluente supercrítico.

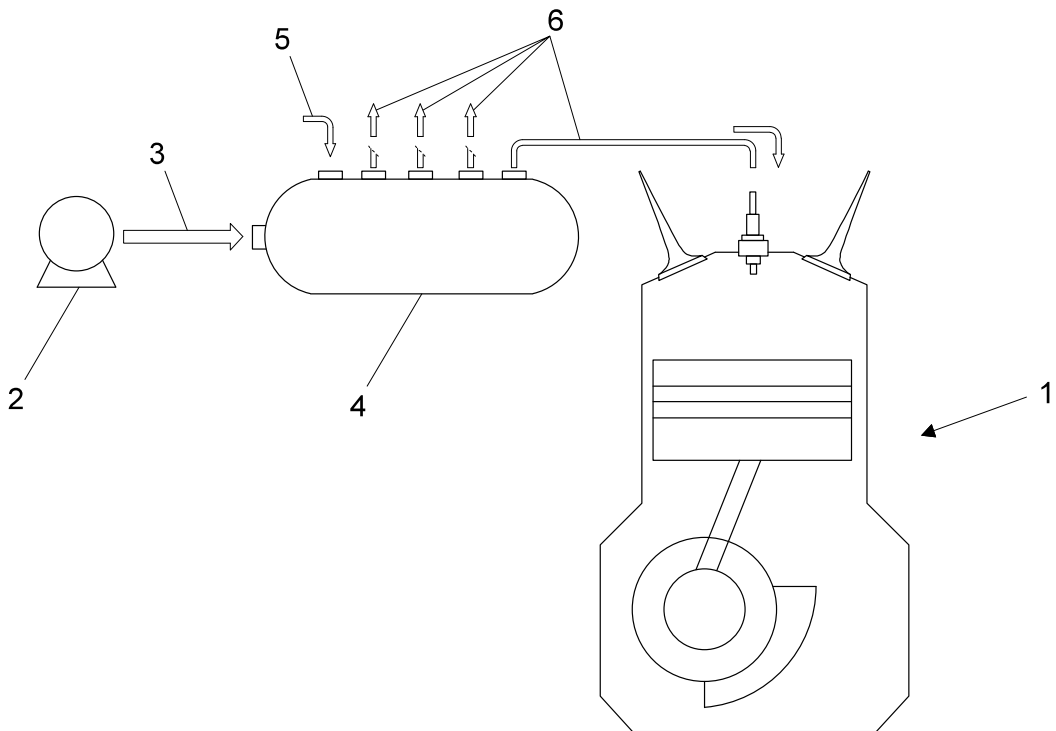


FIG. 1

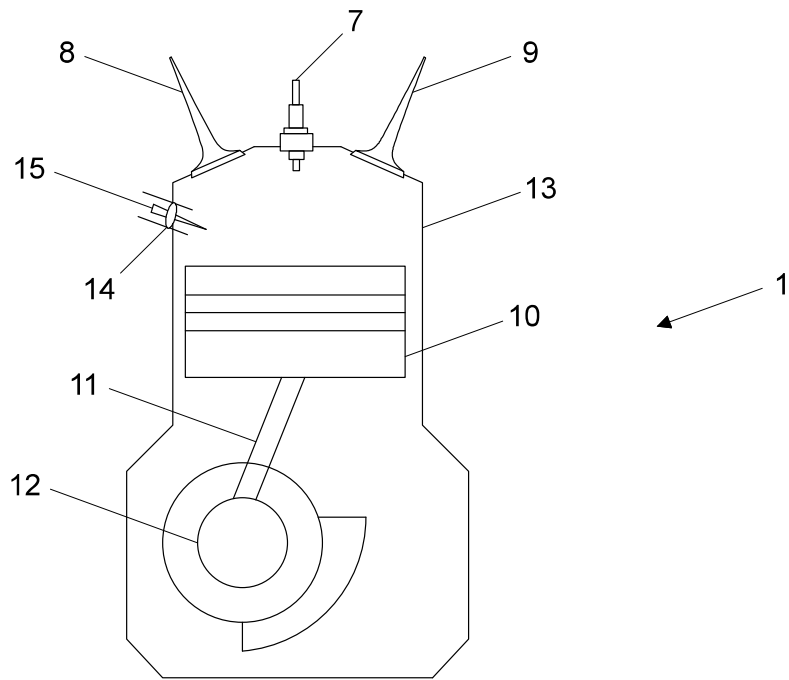


FIG. 2

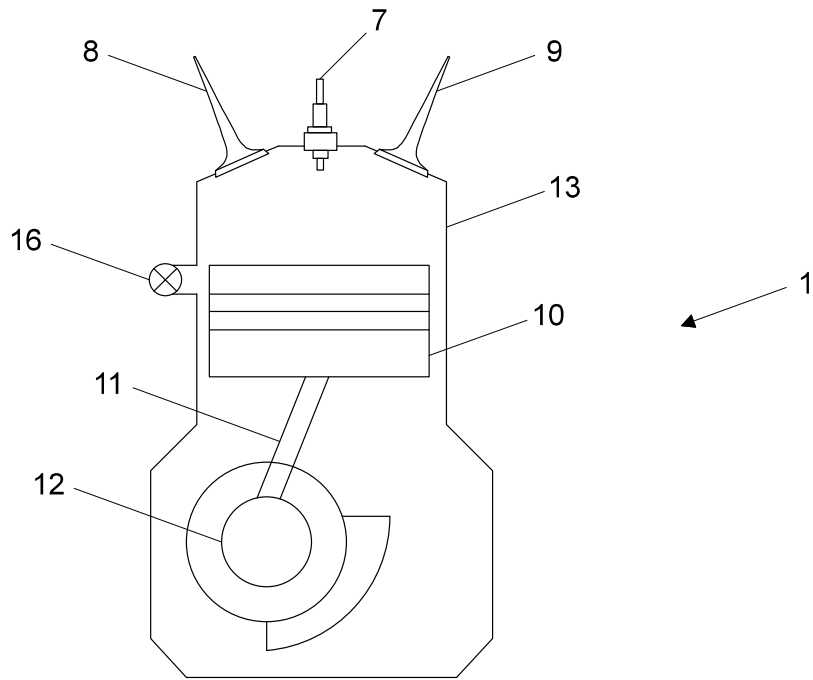


FIG. 3

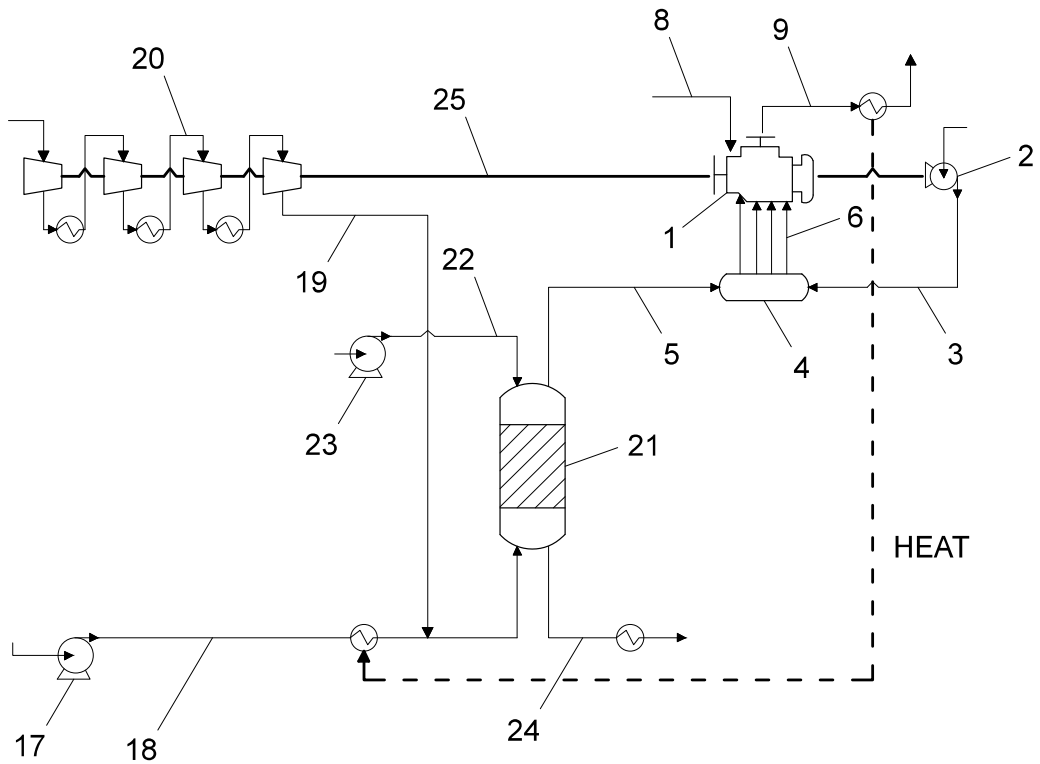


FIG. 4



- ②¹ N.º solicitud: 201731494
②² Fecha de presentación de la solicitud: 29.12.2017
③² Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤¹ Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

| Categoría | ⑤ ⁶ Documentos citados | Reivindicaciones afectadas |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| X | EP 0044738 A1 (EXXON RESEARCH ENGINEERING CO) 27/01/1982, (Página 13, línea 12 - página 18, línea 29; Figuras 7 - 13) | 1-8; 12-20 |
| Y | | 9-11, 21 |
| Y | GARCÍA-RODRIGUEZ YOANA et al. Energy recovery from effluents of supercritical water oxidation reactors. The Journal of Supercritical Fluids ELSEVIER, AMSTERDAM, NL. Bolaños Gustavo, 15/05/2015, Vol. 104, Páginas 1 - 9 [en línea recuperado 18/05/2015], ISSN 0896-8446, <DOI: doi:10.1016/j.supflu.2015.05.014>. (Todo el documento) | 9-11, 21 |
| X | EP 1030395 A2 (DELPHI TECH INC) 23/08/2000, (Párrafo [0015] - [0016]); Reivindicaciones 1, 13, 22; Figuras) | 1-8; 12-21 |
| A | US 2002162332 A1 (HAZLEBECK DAVID A) 07/11/2002, (Todo el documento) | 1-21 |

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 n.º:

Fecha de realización del informe
11.04.2018

Examinador
J. Hernández Torrego

Página
1/2

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

F02B13/10 (2006.01)

F02B47/00 (2006.01)

F02M25/00 (2006.01)

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

F02B, F02M

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

INVENES, EPODOC, WPI