

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 876 228**

51 Int. Cl.:

C10K 3/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.06.2013 E 13172441 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.05.2021 EP 2816096**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para el almacenamiento de energía excedente**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.11.2021

73 Titular/es:

**EVONIK OPERATIONS GMBH (100.0%)
Rellinghauser Straße 1-11
45128 Essen, DE**

72 Inventor/es:

HAAS, THOMAS

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

Observaciones:

Véase nota informativa (Remarks, Remarques o Bemerkungen) en el folleto original publicado por la Oficina Europea de Patentes

ES 2 876 228 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 y dispositivo para el almacenamiento de energía excedente

5 Campo de la invención

El objeto de la invención es un procedimiento y un dispositivo para la valorización de gases que contienen CO y/o CO₂ tal como se dan a conocer en las reivindicaciones.

10 Estado de la técnica

Las centrales eléctricas que producen electricidad, en el caso de un consumo escaso, producen electricidad en exceso. Esta tiene que almacenarse correspondientemente de otra forma.

15 Así, por ejemplo, se construyen acumuladores por bombeo para acumular la electricidad excedente. Los acumuladores por bombeo tienen una gran capacidad de acumulación, pero también tienen una gran demanda de espacio y superficie y representan intervenciones significativas en sistemas ecológicos y el paisaje.

20 Un planteamiento adicional es almacenar energía eléctrica en grandes baterías, en particular baterías de iones litio. Sin embargo, esta tecnología requiere inversiones muy altas en baterías adicionales, cuya amortización echa por tierra el aprovechamiento de la ventaja de la electricidad excedente favorable.

25 Otras alternativas son la transformación de electricidad en hidrógeno, que entonces transforma químicamente el CO₂ en metano. El gas sirve entonces como acumulador de energía. Para ello también deben efectuarse inversiones considerables en la transformación química. Además, el metano presenta una densidad de energía reducida y no puede transportarse bien, dado que se encuentra como gas y requiere o bien un gasoducto o una cara licuefacción. Una densidad mayor puede conseguirse mediante la transformación química en líquidos. Sin embargo, estos procedimientos terminan o bien en mezclas de sustancias relativamente de bajo valor o bien en metanol, que debido a su alto porcentaje de oxígeno tampoco es muy adecuado como portador de energía.

30 Para centrales eléctricas que se basan en combustibles, además de la posibilidad de transformar la propia electricidad, también existe la opción de desviar la energía del combustible antes de la generación de electricidad, y aprovechar esta energía para la generación de calor y un calentamiento posterior.

35 Un procedimiento de este tipo se utiliza hasta la fecha en particular allí donde el suministro del combustible tiene lugar de manera continua y no puede reducirse, tal como, por ejemplo, en centrales eléctricas que obtienen su energía de las corrientes de gases de escape de instalaciones de fabricación industriales, tales como, por ejemplo, fábricas de acero.

40 Este procedimiento tiene la desventaja de que el calor como portador de energía experimenta altas pérdidas debido a un aislamiento escaso y requiere correspondientemente un consumo próximo en el tiempo. Igualmente, el calor es difícil de transportar, de modo que el consumidor de calor tiene que estar emplazado en la proximidad inmediata de la central eléctrica.

45 Los documentos US 2011/0067376, US 2010/0132257, WO 2007/123510, WO 2012/151545, WO 2009/154788, WO2012/174313, WO 2008/028055, WO 2012026833 y "carbon dioxide: capturing and utilization", A. Kargari *et al*/ Greenhouse Gases - Capturing, Utilization and Reduction; páginas 1 - 30; 2012 dan a conocer un procedimiento y un dispositivo para la valorización de gases que contienen CO y/o CO₂.

50 El objetivo de la presente invención es crear una posibilidad, para centrales eléctricas basadas en combustible, de almacenar energías excedentes.

Descripción de la invención

55 Sorprendentemente se ha encontrado que el procedimiento descrito en lo sucesivo puede alcanzar el objetivo planteado a la invención.

Por tanto, el objeto de la presente invención es un procedimiento para la valorización de gases que contienen CO y/o CO₂ tal como se da a conocer en la reivindicación 1.

60 Una ventaja de la presente invención es que el almacenamiento de energía de la energía excedente tiene lugar antes de la producción de electricidad, por consiguiente, tiene lugar una etapa de transformación menos y con ello puede conseguirse una eficiencia mayor.

65 Una ventaja adicional de la presente invención es que el almacenamiento de energía de la energía excedente puede interrumpirse a demanda y por consiguiente puede realizarse de manera discontinua en el tiempo.

- Una ventaja más de la presente invención es que el almacenamiento de energía de la energía excedente no requiere ningún tiempo de arranque notable, sino que grandes cantidades de energía excedente pueden valorizarse inmediatamente tras su aparición.
- 5 Una ventaja adicional de la presente invención es que el almacenamiento de energía de la energía excedente presenta una demanda de espacio y de superficie reducida.
- Una ventaja más de la presente invención es que el acumulador de energía de la energía excedente presenta una alta densidad de energía, y por consiguiente se facilita significativamente un transporte de la energía.
- 10 Una ventaja adicional de la presente invención es que el almacenamiento de energía puede realizarse con inversiones relativamente reducidas, dado que no es necesaria ninguna técnica estéril para la fermentación.
- Una ventaja más de la presente invención es que el acumulador de energía de la energía excedente es líquido y por consiguiente fácil de transportar.
- 15 Una ventaja adicional de la presente invención es que los acumuladores de energía pueden escalarse libremente en su dimensionamiento.
- 20 Una ventaja más de la presente invención es que el acumulador de energía puede manejar un flujo de energía muy fluctuante y por consiguiente representa un almacenamiento intermedio ideal.
- Un procedimiento preferido según la invención está caracterizado porque la etapa de procedimiento B) se realiza mientras se realiza la etapa de procedimiento C).
- 25 Esto significa que al mismo tiempo que se aprovecha una parte de la corriente de gas del gas que contiene CO y y/o CO₂ para la obtención de electricidad, otra parte se aprovecha para la producción de la sustancia orgánica.
- 30 A este respecto, el tamaño de las respectivas corrientes de gas puede variarse y ajustarse de manera continua, preferiblemente en la medida que requiera la cantidad de energía excedente.
- En el caso extremo puede incluso aprovecharse temporalmente toda la corriente de gas para la producción de sustancia orgánica, lo que corresponde a un procedimiento según la invención preferido, que está caracterizado porque la etapa de procedimiento B) no se realiza mientras se realiza la etapa de procedimiento C).
- 35 Por otro lado, en el caso de una demanda de electricidad alta, también puede aprovecharse toda la corriente de gas para la transformación en energía eléctrica, lo que corresponde a un procedimiento según la invención preferido, que está caracterizado porque la etapa de procedimiento C) no se realiza mientras se realiza la etapa de procedimiento B).
- 40 Las etapas de procedimiento B) y C) pueden repetirse en el procedimiento según la invención, preferiblemente repetirse múltiples veces, lo que corresponde a un procedimiento según la invención preferido, que está caracterizado porque se realiza la etapa de procedimiento D).
- 45 Según la invención es ventajoso que el gas que contiene CO y/o CO₂ contenga un agente reductor, preferiblemente hidrógeno.
- Esto tiene el efecto técnico de que en la etapa de procedimiento C) ya se aporten conjuntamente los equivalentes redox necesarios para el procedimiento biotecnológico.
- 50 El gas que contiene CO y/o CO₂ es gas de alto horno de un alto horno en la generación de acero.
- Esto tiene el efecto técnico de que la etapa de procedimiento C) puede hacerse funcionar con un alto rendimiento, dado que esta corriente de gas presenta una relación de CO, CO₂ e hidrógeno ideal.
- 55 En un procedimiento preferido según la invención comprende la generación de electricidad en la etapa de procedimiento B) por medio de un proceso de turbinas de gas y/o de turbinas de vapor.
- 60 Un procedimiento preferido según la invención está caracterizado porque en la etapa de procedimiento C) la sustancia orgánica se selecciona de sustancias orgánicas que comprenden al menos tres, en particular al menos cuatro átomos de carbono, preferiblemente de 3 a 26, en particular de 4 a 20 átomos de carbono, que en particular son líquidas a 25°C y 1 bar de presión.
- 65 Esto tiene la ventaja técnica de que la densidad de energía en la sustancia orgánica es alta y por consiguiente hay más energía excedente en una forma fácil de transportar.

De manera particularmente preferible, la sustancia orgánica en la etapa de procedimiento C) se selecciona del grupo 1-butanol, isobutanol, butanodiol, propan-2-ol, acetona, 1-propeno, buteno, ácido isobutírico, ácido 2-hidroxiisobutírico, éster metílico del ácido 2-hidroxiisobutírico, ácidos alcanoicos lineales y ramificados, que dado el caso pueden contener al menos un doble enlace, y sus derivados tales como, por ejemplo, ácido butírico, ácido hexanoico y sus ésteres, así como los alcoholes correspondientes.

Por el término “derivados de los ácidos alcanoicos” se entienden en particular las formas reducidas del ácido alcanoico, aldehído y alcohol, los ésteres de ácidos alcanoicos, los ácidos alcanoicos omega-hidroxilados, los ácidos alcanoicos omega-aminados, las amidas de ácidos alcanoicos y los diácidos y las diaminas.

El procedimiento está caracterizado porque en la etapa de procedimiento C) se utilizan bacterias acetogénicas.

La utilización de bacterias acetogénicas tiene el efecto técnico de que la corriente de gas para la etapa de procedimiento C) puede reducirse temporalmente a un mínimo, e incluso puede interrumpirse completamente. Este tipo de bacterias, que están acostumbradas en la naturaleza a sobrevivir en las condiciones más adversas, pueden permanecer mucho tiempo en el fermentador sin un cuidado ni una alimentación especiales. Adicionalmente, la utilización de bacterias acetogénicas provoca el efecto técnico de que la energía excedente que se produce puede valorizarse inmediatamente, dado que las bacterias, en el caso del restablecimiento de la corriente de gas, inician de nuevo sin demora su metabolismo y convierten el gas en una sustancia orgánica.

Por el término “bacteria acetogénica” se entiende una bacteria, que puede realizar la ruta metabólica de Wood-Ljungdahl y por consiguiente puede convertir CO y CO₂ e hidrógeno en acetato.

El término “bacteria acetogénica” comprende también aquellas bacterias, que originariamente como tipo silvestre no presentan una ruta metabólica de Wood-Ljungdahl, sino que solo la presentan debido a una modificación genética. Tales bacterias pueden ser, por ejemplo, células de *E. coli*.

Preferiblemente, las bacterias acetogénicas utilizadas en la etapa de procedimiento C) presentan en comparación con su tipo silvestre una actividad enzimática aumentada de una enzima de la ruta metabólica de Wood-Ljungdahl debido a una modificación genética. Las enzimas de la ruta metabólica de Wood-Ljungdahl preferidas en este contexto se seleccionan de CO-deshidrogenasas y acetil-CoA sintetasas.

Las bacterias acetogénicas, que convierten CO₂ y/o CO, así como procedimientos y condiciones de procedimiento adecuados, que se utilizan en la etapa de procedimiento C) se conocen desde hace mucho tiempo. Tales proceso se describen, por ejemplo,

en los documentos WO9800558, WO2000014052, WO2010115054

en Demler *et al.* Reaction engineering analysis of hydrogenotrophic production of acetic acid by *Acetobacterium woodii*. *Biotechnol Bioeng.* febrero de 2011;108(2):470-4,

en Younesia *et al.* Ethanol and acetate production from synthesis gas via fermentation processes using anaerobic bacterium, *Clostridium ljungdahlii*. *Biochemical Engineering Journal*, volumen 27, número 2, páginas 110-119,

en Morinaga *et al.* The production of acetic acid from carbon dioxide and hydrogen by an anaerobic bacterium. *Journal of Biotechnology*, volumen 14, número 2, páginas 187-194,

en Li Production of acetic acid from synthesis gas with mixed acetogenic microorganisms, ISSN 0493644938,

en Schmidt *et al.* Production of acetic acid from hydrogen and carbon dioxide by *clostridium* species ATCC 2979. *Chemical Engineering Communications*, 45:1-6, 61-73,

en Sim *et al.* Optimization of acetic acid production from synthesis gas by chemolithotrophic bacterium - *Clostridium aceticum* using a statistical approach. *Bioresour Technol.* mayo de 2008;99(8):2724-35,

en Vega *et al.* Study of gaseous substrate fermentations CO conversion to acetate 1 Batch culture bzw. 2 continuous culture. *Biotechnology and Bioengineering* volumen 34, número 6, páginas 774, o 785, septiembre de 1989,

en Cotter *et al.* Ethanol and acetate production by *Clostridium ljungdahlii* and *Clostridium autoethanogenum* using resting cells. *Bioprocess and Biosystems Engineering* (2009), 32(3), 369-380 y

en Andreesen *et al.* Fermentation of glucose, fructose, and xylose by *Clostridium thermoaceticum*. Effect of metals on growth yield, enzymes, and the synthesis of acetate from carbon dioxide. *Journal of Bacteriology* (1973), 114(2), 743-51.

A partir de esto se le ofrece al experto en la técnica un gran número de posibilidades que pueden realizarse para el diseño de la etapa de procedimiento C), que funcionan bien todas sin excepción.

De manera especialmente preferible, en la etapa de procedimiento C) se utilizan bacterias acetogénicas seleccionadas del grupo que comprende *Clostridium autoethanogenum* DSMZ 19630, *Clostridium ragsdahlei* ATCC n.º BAA-622, *Clostridium autoethanogenum*, *Moorella* sp HUC22-1, *Moorella thermoaceticum*, *Moorella thermoautotrophica*, *Rumicoccus productus*, *Acetoanaerobium*, *Oxobacter pfennigii*, *Methanosarcina barkeri*, *Methanosarcina acetivorans*, *Carboxydotherrmus*, *Desulfotomaculum kuznetsovii*, *Pyrococcus*, *Peptostreptococcus*, *Butyribacterium methylotrophicum* ATCC 33266, *Clostridium formicoaceticum*, *Clostridium butyricum*, *Laktobacillus delbrukii*, *Propionibacterium acidoprprionici*, *Propionispora arboris*, *Anaerobierspirillum succiniproducens*, *Bacterioides amylophilus*, *Bacterioides ruminicola*, *Thermoanaerobacter kivui*, *Acetobacterium woodii*, *Acetoanaerobium notera*, *Clostridium aceticum*, *Butyribacterium methylotrophicum*, *Moorella thermoacetica*, *Eubacterium limosum*, *Peptostreptococcus productus*, *Clostridium ljungdahlii*, *Clostridium ATCC 29797* y *Clostridium carboxidivorans*, en particular ATCC BAA-624. Una bacteria especialmente adecuada es *Clostridium carboxidivorans*, en particular cepas tales como "P7" y "P11". Tales células se describen, por ejemplo, en los documentos US 2007/0275447 y US 2008/0057554. Una bacteria especialmente adecuada, adicional, es *Clostridium ljungdahlii*, en particular las cepas seleccionadas del grupo que comprende *Clostridium ljungdahlii* PETC, *Clostridium ljungdahlii* ER12, *Clostridium ljungdahlii* C01 y *Clostridium ljungdahlii* O-52, estas se describen en los documentos WO 98/00558 y WO 00/68407, así como ATCC 49587, ATCC 55988 y ATCC 55989.

En una forma de realización preferida alternativamente del procedimiento según la invención, en la etapa de procedimiento C) se forma etanol y como microorganismo se utiliza *Alkalibaculum bacchi* ATCC BAA-1772, *Moorella* sp. HUC22-1, *Clostridium ljungdahlii*, *Clostridium ragsdahlei* o *Clostridium autoethanogenum*. Instrucciones correspondientes para la realización de la etapa de procedimiento A) se obtienen, por ejemplo, de Saxena *et al.* *Effect of trace metals on ethanol production from synthesis gas by the ethanologenic acetogen Clostridium ragsdalei*.

Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology volumen 38, número 4 (2011), 513-521, Younesi *et al.* Ethanol and acetate production from synthesis gas via fermentation processes using anaerobic bacterium *Clostridium ljungdahlii*. *Biochemical Engineering Journal* volumen 27, número 2, 15 de diciembre de 2005, páginas 110-119,

Sakai *et al.* Ethanol production from H₂ and CO₂ by a newly isolated thermophilic bacterium, *Moorella* sp. HUC22-1. *Biotechnology Letters* volumen 26, número 20 (2004), 1607-1612 y Abrini *et al.* *Clostridium autoethanogenum*, sp. nov., an anaerobic bacterium that produces ethanol from carbon monoxide. *Archives of Microbiology* volumen 161, número 4 (1994), 345-351.

En una forma de realización preferida alternativamente del procedimiento según la invención, en la etapa de procedimiento C) se forma acetato de etilo y se utiliza una bacteria acetogénica. Una instrucción para la realización de la etapa de procedimiento C) de esta forma de realización preferida alternativamente se describe en el documento WO2012162321.

En una forma de realización preferida alternativamente del procedimiento según la invención, en la etapa de procedimiento C) se forma butanol y se utiliza una bacteria acetogénica. Una instrucción para la realización de la etapa de procedimiento C) de esta forma de realización preferida alternativamente se describe en el documento US20110236941.

En una forma de realización preferida alternativamente del procedimiento según la invención, en la etapa de procedimiento C) se forma hexanol y se utiliza una bacteria acetogénica. Una instrucción para la realización de la etapa de procedimiento C) de esta forma de realización preferida alternativamente se describe en el documento US20100151543.

En una forma de realización preferida alternativamente del procedimiento según la invención, en la etapa de procedimiento C) se forma 2,3-butanodiol y se utiliza una bacteria acetogénica. Una instrucción para la realización de la etapa de procedimiento C) de esta forma de realización preferida alternativamente se describe en los documentos US20120252082 y WO2012131627.

En una forma de realización preferida alternativamente del procedimiento según la invención, en la etapa de procedimiento C) se forma isopropanol y se utiliza una bacteria acetogénica. Una instrucción para la realización de la etapa de procedimiento C) de esta forma de realización preferida alternativamente se describe en el documento US20120252083.

En una forma de realización preferida alternativamente del procedimiento según la invención, en la etapa de procedimiento C) se forma ácido 2-hidroxiisobutírico y se utiliza una bacteria acetogénica. Una instrucción para la realización de la etapa de procedimiento C) de esta forma de realización preferida alternativamente se describe en el documento EP12173010.

La etapa de procedimiento C) se realiza utilizando bacterias acetogénicas preferiblemente en condiciones anaerobias.

Un objeto adicional de la presente invención lo forma un dispositivo tal como se da a conocer en la reivindicación 9.

5 La unidad de producción de electricidad del dispositivo según la invención comprende preferiblemente un generador accionado por al menos una turbina.

En este contexto, en el caso de la turbina se trata preferiblemente de una turbina de gas, que puede hacerse funcionar con la corriente de gas completamente o añadiendo combustibles adicionales.

10 El dispositivo según la invención está caracterizado preferiblemente porque los medios para la alimentación opcional del fermentador y/o de la unidad de producción de electricidad con corriente de gas comprenden conductos que conectan estos aparatos y órganos de regulación.

15 En este contexto se prefiere que los órganos de regulación y los conductos estén configurados para alimentar el fermentador y la unidad de producción de electricidad en paralelo y/o en serie y/o individualmente con la corriente de gas.

20 De manera particularmente preferible, el dispositivo según la invención está caracterizado porque todos los componentes del dispositivo están integrados en un sitio mixto.

Un objeto adicional de la presente invención lo forma el uso del dispositivo según la invención para la realización del procedimiento según la invención.

25 Ejemplos

La presente invención se explicará ahora más detalladamente mediante un ejemplo de realización. Para ello muestra:

30 la figura 1: un dispositivo según la invención para la realización del procedimiento (esquemáticamente).

La figura 1 muestra la estructura esquemática de un dispositivo según la invención para la realización del procedimiento.

35 Una fuente de gas 1 en forma de un alto horno convencional para la generación de acero proporciona en su cabeza de manera continua gas de alto horno, que se extrae a través de un conducto de gas 2 correspondiente. El gas de alto horno producido durante la generación de acero es un gas de subproducto combustible, con un contenido de nitrógeno de aproximadamente el 45 - 60% y un porcentaje de CO en el intervalo del 20 - 30%. Por lo demás, el gas de alto horno contiene además aproximadamente el 20 - 25% de CO₂ y el 2 - 4% de H₂.

40 El gas de alto horno se conduce a un órgano de regulación 3. A este respecto, se trata de una válvula en sí conocida, que permite conducir el gas que fluye desde la fuente de gas 1 opcionalmente a través de un conducto de gas 4 en la dirección de una unidad de producción de electricidad 5 y/o a través de un conducto de gas 6 en la dirección de un fermentador 7. A este respecto, el órgano de regulación 3 posibilita la conducción de la corriente de gas o bien completamente y sola a la unidad de producción de electricidad 5 o bien completamente y sola al fermentador 7.

45 Adicionalmente, el órgano de regulación 3 puede adoptar posiciones intermedias, que posibilitan una alimentación simultánea de la instalación de producción de electricidad 5 y del fermentador 7 con la corriente de gas, concretamente en partes iguales o en porcentajes diferentes.

50 El gas que ha llegado a la unidad de producción de electricidad 5 se convierte en la misma a través de un proceso de turbinas de gas y/o de turbinas de vapor convencional en sí conocido en energía eléctrica, que se extrae como corriente eléctrica 8 de la instalación de producción de electricidad 5. Siempre que se utiliza una turbina de vapor, esta puede hacerse funcionar exclusivamente con el gas de la fuente de gas 1 o añadiendo combustibles externos. Siempre que se utilice un proceso de turbinas de vapor, la caldera para la generación de vapor también se calienta opcionalmente con el gas de la fuente de gas 1 o adicionalmente con ayuda de combustibles externos. También es posible acoplar dentro de la instalación de producción de electricidad 5 un proceso de turbinas de gas con un proceso de turbinas de vapor. Las tecnologías expuestas en este caso para la producción de electricidad a partir de gas se conocen suficientemente en el estado de la técnica y no requieren en este caso una explicación más detallada.

60 Los porcentajes del gas que procede de la fuente de gas 1, que se conducen a través del conducto de gas 6 en la dirección del fermentador 7, se convierten en el mismo por bacterias 9 en una sustancia orgánica 10, que se extrae del fermentador 7.

65 En el caso de las bacterias 9 se trata de bacterias acetogénicas. Bacterias y procedimiento fermentativos adecuados para la conversión de gases que contienen CO y/o CO₂ en sustancias orgánicas se conocen suficientemente por el estado de la técnica citado anteriormente y por ello no tienen que explicarse más detalladamente.

Lista de números de referencia

- 1 fuente de gas/alto horno
- 2 conducto de gas para gas de alto horno
- 5 3 órgano de regulación
- 4 conducto de gas en la dirección de la unidad de producción de electricidad
- 5 unidad de producción de electricidad
- 6 conducto de gas en la dirección del fermentador
- 7 fermentador
- 10 8 corriente eléctrica
- 9 bacterias
- 10 sustancia orgánica

REIVINDICACIONES

1.- Procedimiento para la valorización de gases que contienen CO y/o CO₂, que comprende las etapas de procedimiento:

- 5 A) proporcionar una corriente de gas del gas que contiene CO y/o CO₂,
B) transformar al menos una parte de la corriente de gas en energía eléctrica,
10 C) convertir al menos una parte de la corriente de gas en al menos una sustancia orgánica en un procedimiento fermentativo, biotecnológico, y dado el caso
D) repetir las etapas de procedimiento B) y C)

15 **caracterizado**

porque en la etapa de procedimiento C) se utilizan bacterias acetogénicas y

20 **porque** la etapa de procedimiento A) comprende la utilización de gas de alto horno de un alto horno en la generación de acero.

2.- Procedimiento según la reivindicación 1,

25 **caracterizado**

porque la etapa de procedimiento B) se realiza mientras se realiza la etapa de procedimiento C).

3.- Procedimiento según la reivindicación 1,

30 **caracterizado**

porque la etapa de procedimiento B) no se realiza mientras se realiza la etapa de procedimiento C).

4.- Procedimiento según la reivindicación 3,

35 **caracterizado**

porque se realiza la etapa de procedimiento D).

5.- Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones anteriores,

40 **caracterizado**

45 **porque** la etapa de procedimiento B) comprende la generación de electricidad por medio de un proceso de turbinas de gas y/o de turbinas de vapor.

6.- Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones anteriores,

50 **caracterizado**

porque en la etapa de procedimiento C) la sustancia orgánica se selecciona de sustancias orgánicas que comprenden al menos tres, en particular al menos cuatro átomos de carbono.

7.- Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones anteriores,

55 **caracterizado**

60 **porque** en la etapa de procedimiento C) la sustancia orgánica se selecciona del grupo 1-butanol, isobutanol, butanodiol, propan-2-ol, acetona, 1-propeno, buteno, ácido isobutírico, ácido 2-hidroxiisobutírico, éster metílico del ácido 2-hidroxiisobutírico, ácidos alcanoicos lineales y ramificados, que dado el caso pueden contener al menos un doble enlace, y sus derivados tales como, por ejemplo, ácido butírico, ácido hexanoico y sus ésteres, así como los alcoholes correspondientes.

8.- Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones anteriores,

65

caracterizado

porque en la etapa de procedimiento C) se utilizan bacterias acetogénicas seleccionadas de *Clostridium autothenogenum* DSMZ 19630, *Clostridium ragsdahlei* ATCC n.º BAA-622, *Clostridium autoethanogenum*, *Moorella sp HUC22-1*, *Moorella thermoacetikum*, *Moorella thermoautotrophica*, *Rumicoccus productus*, *Acetoanaerobium*, *Oxobacter pfennigii*, *Methanosarcina barkeri*, *Methanosarcina acetivorans*, *Carboxydotherrmus*, *Desulfotomaculum kutznetsovii*, *Pyrococcus*, *Peptostreptococcus*, *Butyribacterium methylotrophicum* ATCC 33266, *Clostridium formicoaceticum*, *Clostridium butyricum*, *Laktobacillus delbrukii*, *Propionibacterium acidoprionici*, *Propionispora arboris*, *Anaerobierspirillum succiniproducens*, *Bacterioides amylophilus*, *Bacterioides ruminicola*, *Thermoanaerobacter kivui*, *Acetobacterium woodii*, *Acetoanaerobium notera*, *Clostridium aceticum*, *Butyribacterium methylotrophicum*, *Moorella thermoacetica*, *Eubacterium limosum*, *Peptostreptococcus productus*, *Clostridium ljungdahlii*, *Clostridium* ATCC 29797 y *Clostridium carboxidivorans*.

9.- Dispositivo para la realización de un procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende:

- a) una fuente de gas para la provisión continua de una corriente de gas que contiene CO y/o CO₂;
- b) una unidad de producción de electricidad para la transformación de gases procedentes de la fuente de gas en energía eléctrica;
- c) un fermentador para la conversión de gases procedentes de la fuente de gas en al menos una sustancia orgánica;
- d) y medios para la alimentación opcional de la instalación de producción de electricidad y/o del fermentador con la corriente de gas de la fuente de gas,

caracterizado porque el fermentador contiene bacterias acetogénicas, y porque en el caso de la fuente de gas se trata de un alto horno utilizado en la generación de acero, que proporciona gas de alto horno de manera continua como corriente de gas.

10.- Dispositivo según la reivindicación 9,

caracterizado

porque la unidad de producción de electricidad comprende un generador accionado por al menos una turbina.

11.- Dispositivo según la reivindicación 10,

caracterizado

porque en el caso de la turbina se trata de una turbina de gas, que puede hacerse funcionar con la corriente de gas completamente o añadiendo combustibles adicionales.

12.- Dispositivo según una de las reivindicaciones 9 a 11,

caracterizado

porque los medios para la alimentación opcional del fermentador y/o de la instalación de producción de electricidad con corriente de gas comprenden conductos que conectan estos aparatos y órganos de regulación.

13.- Dispositivo según la reivindicación 12,

caracterizado

porque los órganos de regulación y los conductos están configurados para alimentar el fermentador y la unidad de producción de electricidad en paralelo y/o en serie y/o individualmente con la corriente de gas.

14.- Dispositivo según una de las reivindicaciones 9 a 13,

caracterizado

porque todos los componentes del dispositivo están integrados en un sitio mixto.

15.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8 usando un dispositivo según una de las reivindicaciones 9 a 14.

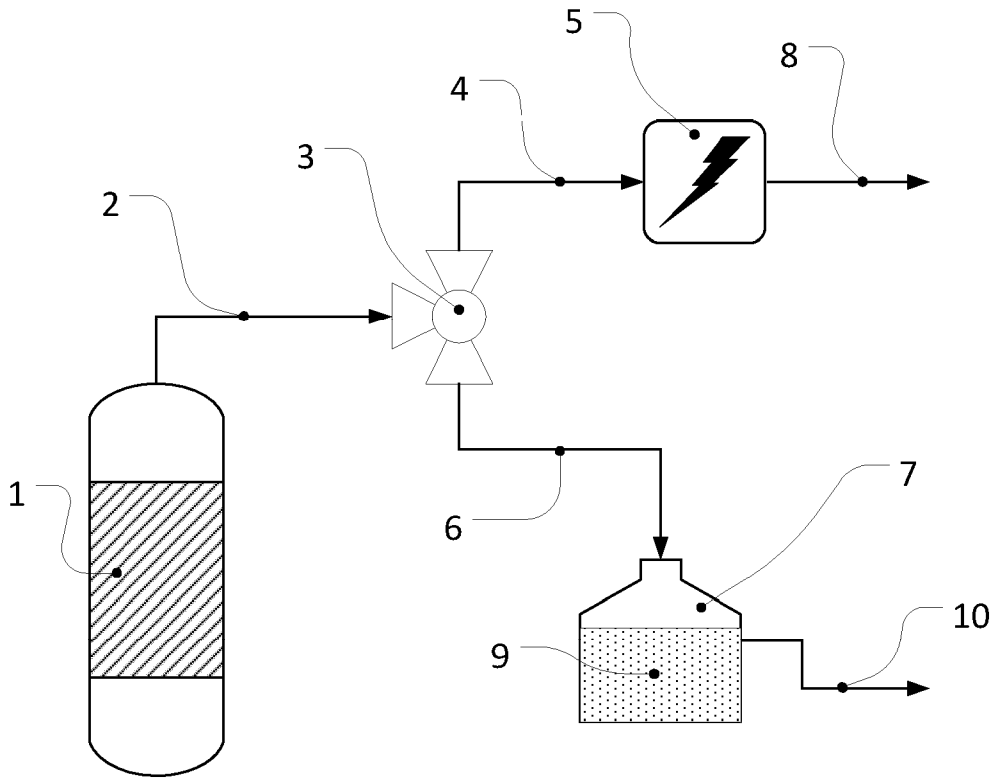


Fig. 1