

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 678 400**

51 Int. Cl.:

**C10L 3/00** (2006.01)

**C07C 29/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.07.2015 PCT/EP2015/067708**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.03.2016 WO16034344**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.07.2015 E 15754128 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.06.2018 EP 3189122**

54 Título: **Planta de producción industrial con emisión mínima de gases de invernadero, particularmente emisión de dióxido de carbono, y método para la operación de la misma**

30 Prioridad:  
**01.09.2014 DE 102014112580**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**10.08.2018**

73 Titular/es:  
**MITSUBISHI HITACHI POWER SYSTEMS  
EUROPE GMBH (100.0%)  
Schifferstrasse 80  
47059 Duisburg, DE**

72 Inventor/es:  
**BERGINS, CHRISTIAN;  
BUDDENBERG, TORSTEN y  
KOYTSOUMPA, EFTHYMIA-IOANNA**

74 Agente/Representante:  
**LLAGOSTERA SOTO, María Del Carmen**

ES 2 678 400 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

Planta de producción industrial con emisión mínima de gases de invernadero, particularmente emisión de dióxido de carbono, y método para la operación de la misma.

5 La invención se refiere a una planta de producción industrial, que comprende una primera planta de producción, en particular un horno de coque que produce, a partir de una materia prima carbonosa, un producto gaseoso o gas residual pobre en CO<sub>2</sub> y rico en H<sub>2</sub>, con un primer dispositivo de purificación del gas residual asociado y un segundo dispositivo de purificación del gas residual asociado.

10 Adicionalmente, la invención se refiere a un procedimiento para el funcionamiento al menos esencialmente exento de CO<sub>2</sub>, a partir de una materia prima carbonosa, de una primera planta de producción que produce un producto gaseoso o gas residual pobre en CO<sub>2</sub> y rico en H<sub>2</sub> con un primer dispositivo de purificación del gas residual asociado y un segundo dispositivo de purificación del gas residual asociado.

15 Es un deseo general desde hace mucho tiempo operar las plantas de producción industrial con las emisiones lo más reducidas posible de gases propelentes, en particular con una emisión lo más reducida posible de CO<sub>2</sub>. Por esta razón, se han desarrollado ya una serie de procedimientos y dispositivos, con ayuda de los cuales el gas de invernadero respectivo y en particular el dióxido de carbono puede separarse por filtración del gas residual y almacenarse. Estas tecnologías, procedimientos y dispositivos, incluidos también con frecuencia bajo el concepto general "Captura y Almacenamiento de Carbono", tienen como objetivo separar y almacenar después el dióxido de carbono de un gas residual, en particular un gas de combustión. Dado que estos procesos de separación implican en todos los casos pérdidas de eficiencia o gastos de inversión elevados y los costes adicionales asociados a ellos, se han publicado ya también en la técnica anterior conceptos que están incluidos bajo el término "Captura y Almacenamiento de Carbono" y que dan a conocer no el simple almacenamiento del dióxido de carbono, sino su transformación en un producto comercial. Un concepto de este tipo está representado por ejemplo por el concepto denominado "Potencia para Combustible", por el cual la proporción de CO<sub>2</sub> en los gases de combustión de las centrales eléctricas, con inclusión del hidrógeno (H<sub>2</sub>) producido en una electrólisis del agua asociada, se transforma en metano, metanol o derivados de metano o de metanol.

20 Por el documento WO 2013/029701 A1 se conoce una planta de suministro de energía altamente eficiente, descentralizada y en gran parte neutra en cuanto a CO<sub>2</sub> y preferiblemente autosuficiente, en particular para el campo de la tecnología de la construcción. La planta comprende un reformador, que produce, a partir de una materia prima carbonosa, por ejemplo, gas natural, un gas que comprende dióxido de carbono e hidrógeno. En cuanto al reformador, se trata de un reformador de vapor, o alternativamente, puede contemplarse una pila de combustible. La planta comprende además un separador de gas, que divide el gas producido en una corriente parcial de gas que contiene CO<sub>2</sub> exento de H<sub>2</sub>, y una corriente parcial de gas exento de CO<sub>2</sub> y rico en H<sub>2</sub>. Adicionalmente, la planta comprende una planta de electrólisis que produce hidrógeno y oxígeno y una planta de producción de metanol. La planta de producción se encuentra en conexión por tubería de CO<sub>2</sub> con un tanque de CO<sub>2</sub>, pudiendo conducirse a la planta de producción por medio de la conexión por tubería de CO<sub>2</sub> desde el tanque de CO<sub>2</sub> la corriente de gas rico en CO<sub>2</sub>. Por otra parte, la planta de producción está conectada por tubería de H<sub>2</sub> con la planta de tratamiento de gas y la planta de electrólisis, y puede conducirse a ella al menos en parte por medio de esta conexión por tubería de H<sub>2</sub> la corriente parcial de gas rico en H<sub>2</sub> producida en la planta de tratamiento de gas y/o el hidrógeno producido en la planta de electrólisis.

25 Una planta de producción industrial para la producción de metanol con un sistema de combustión recuperativo, que recupera energía de la combustión, que de otro modo se perdería, da a conocer adicionalmente el documento US 2011/0041740 A1. La planta de producción industrial comprende una planta de producción, que produce, a partir de una materia prima carbonosa, un producto gaseoso o gas residual rico en CO<sub>2</sub>. Adicionalmente, la planta de producción comprende un dispositivo de encendido, que está asociado a un dispositivo de purificación del gas residual. Además, la planta de producción comprende una planta de electrólisis del agua para la producción de hidrógeno y oxígeno, así como un reactor de metanol. Éste está en conexión por tubería de H<sub>2</sub> con la planta de electrólisis del agua, de tal modo que el hidrógeno producido por la planta de electrólisis del agua puede conducirse al reactor de metanol.

30 En este contexto, el objeto de la invención es aportar una solución que proporciona ventajosamente una alternativa viable y factible para una planta de producción industrial, con la cual se puede llevar a cabo un procedimiento de Captura y Utilización de Carbono de manera eficaz y eficiente.

35 El objetivo anterior se consigue mediante una planta de producción industrial conforme a la reivindicación 1 y un procedimiento conforme a la reivindicación 10.

65

A este fin, la planta de producción industrial conforme a la invención comprende una primera planta de producción que produce, a partir de una materia prima carbonosa, un producto gaseoso o gas residual pobre en CO<sub>2</sub> y rico en H<sub>2</sub>, asociada a un primer dispositivo de purificación del gas residual y asociada a un segundo dispositivo de purificación de gas residual,

5 una planta de tratamiento de gas conectada a través de una primera conexión por tubería con el primer dispositivo de purificación del gas residual, que divide el producto gaseoso o gas residual en una corriente parcial de gas que contiene carbono, al menos esencialmente exento de H<sub>2</sub> y una corriente parcial de gas al menos esencialmente exento de carbono rico en H<sub>2</sub>, donde la corriente parcial de gas esencialmente exento de H<sub>2</sub> puede conducirse al menos en parte por medio de una segunda conexión por tubería a una o varias instalaciones de encendido, que tiene la primera planta de producción,  
 10 una instalación para la producción de una corriente de gas rico en CO<sub>2</sub> a la cual puede conducirse al menos una parte de la corriente de gas residual que contiene CO<sub>2</sub> que se forma en la o las instalaciones de encendido después del paso por el segundo dispositivo de purificación del gas residual,  
 15 una planta de electrólisis del agua que produce hidrógeno (H<sub>2</sub>) y oxígeno (O<sub>2</sub>) y una segunda planta de producción que produce metanol y/o derivados de metanol, que por un lado está en conexión por tubería de CO<sub>2</sub> con la instalación de producción de la corriente de gas rico en CO<sub>2</sub> y a la cual puede conducirse al menos en parte por medio de esta conexión por tubería de CO<sub>2</sub> la corriente de gas rico en CO<sub>2</sub>, y que por otro lado está en conexión por tubería de H<sub>2</sub> con la planta de tratamiento de gas y la planta de electrólisis del agua y a la que, por medio de esta conexión por tubería de H<sub>2</sub>, puede conducirse al menos  
 20 en parte la corriente parcial de gas rico en H<sub>2</sub> producida en la planta de tratamiento de gas y/o el hidrógeno (H<sub>2</sub>) producido en la planta de electrólisis del agua.

El procedimiento conforme a la invención para la operación al menos esencialmente exento de CO<sub>2</sub> de una primera planta producción que produce, a partir de una materia prima carbonosa, un producto gaseoso o gas residual pobre en CO<sub>2</sub> y rico en H<sub>2</sub>, con un primer dispositivo de purificación del gas residual asociado y un segundo dispositivo de purificación del gas residual asociado, particularmente para la operación de una planta de producción industrial según una cualquiera de las reivindicaciones 1-9, se caracteriza porque el producto gaseoso o gas residual pobre en CO<sub>2</sub> y rico en H<sub>2</sub>, a través de una primera  
 25 conexión por tubería conectada con el primer dispositivo de purificación del gas residual, se conduce a una planta de tratamiento de gas que divide el producto gaseoso o gas residual en una corriente parcial de gas que contiene carbono al menos esencialmente exento de H<sub>2</sub> y una corriente parcial de gas al menos esencialmente exento de carbono rico en H<sub>2</sub>, y la corriente parcial de gas esencialmente exento de H<sub>2</sub> se conduce al menos en parte por una segunda conexión por tubería a una o más instalaciones de encendido de la primera planta de producción,  
 30 donde al menos una parte de la corriente de gas que contiene CO<sub>2</sub> que se forma en la o las instalaciones de encendido, después del paso por el segundo dispositivo de purificación del gas residual se conduce al menos en parte a una instalación para la producción de una corriente de gas rico en CO<sub>2</sub>, donde en una planta de electrólisis del agua por medio de la electrólisis del agua se obtienen hidrógeno (H<sub>2</sub>) y oxígeno (O<sub>2</sub>) y en una segunda planta de producción se obtienen metanol y/o derivados de metanol, y a la segunda planta de producción se conduce al menos en parte por un lado a través de una  
 35 conexión por tubería de CO<sub>2</sub> la corriente de gas rico en CO<sub>2</sub> producida en la instalación de producción de la corriente de gas rico en CO<sub>2</sub>, y por otro lado a través de una conexión por tubería de H<sub>2</sub> la corriente parcial de gas rico en H<sub>2</sub> producida por la planta de tratamiento de gas y/o el hidrógeno (H<sub>2</sub>) producido en la planta de electrólisis del agua.  
 40

45 La planta de producción industrial conforme a la invención y el procedimiento conforme a la invención ofrecen la ventaja de que con ellos el 90% del dióxido de carbono producido en una primera planta de producción que produce, a partir de una materia prima carbonosa, un producto gaseoso o gas residual pobre en CO<sub>2</sub> y rico en H<sub>2</sub>, pero también el CO<sub>2</sub> total que se produce en la planta de producción industrial no se descarga al medio ambiente ni se almacena, sino que se transforma directamente en un producto comercial y vendible, a saber, metanol o un producto derivado de metanol. Por la producción directa del producto comercializable metanol o derivado de metanol, se mejora la economía de una planta de  
 50 producción industrial de este tipo. A ello contribuye también, entre otras cosas, el denominado "excedente de corriente" existente todavía a menudo en la actualidad en la red eléctrica pública, que debido a una superproducción de las centrales eléctricas generadoras de corriente basadas en energías renovables, puede utilizarse para la electrólisis del agua contemplada. Por tanto, una central eléctrica convencional, en particular una central eléctrica de carbón, puede operarse también rentablemente en tales casos en el marco de esta planta de producción industrial, dado que la corriente que se genera ulteriormente en el campo de carga mínima puede utilizarse en la electrólisis del agua, que puede arrancarse y pararse con  
 55 gran flexibilidad. En total, por la utilización y recuperación adecuadas del calor residual que se forma en el proceso de producción posible en el marco de la planta de producción industrial conforme a la invención, puede alcanzarse una eficiencia de 69% de la planta de producción.  
 60

65 En una realización de la planta de producción industrial, la invención contempla también por tanto que la misma comprende una central eléctrica alimentada con un combustible carbonoso, que tiene un circuito agua/vapor, que comprende al menos un juego de turbinas impulsadas por vapor con al menos un generador, y que está en conexión por la tubería transportadora de fluido con la planta de tratamiento de

gas por una tercera conexión por tubería, por medio de la cual se conduce al menos parcialmente a la central eléctrica la corriente parcial de gas esencialmente exento de H<sub>2</sub>.

5 De manera análoga, el procedimiento conforme a la invención se caracteriza, en un desarrollo adicional, porque la corriente parcial de gas esencialmente exento de H<sub>2</sub> se conduce al menos parcialmente a través de una tercera conexión por tubería a una central eléctrica, teniendo dicha central eléctrica un circuito agua/vapor con al menos un juego de turbinas impulsadas por vapor con al menos un generador y encendiéndose con un combustible carbonoso, y conduciéndose la corriente de gas residual que contiene CO<sub>2</sub> al menos parcialmente al segundo dispositivo de purificación del gas residual asociado.

10 A fin de poder aprovechar la flexibilidad de la central eléctrica y para la utilización flexible del excedente de corriente existente en su caso en la red eléctrica pública, la invención contempla, en un desarrollo ventajoso, que la planta de tratamiento de gas y la planta de electrólisis del agua tienen no sólo una conexión de conducción eléctrica con el al menos un generador de la central eléctrica, sino también con la red eléctrica pública y opcionalmente con la corriente presente en la red eléctrica pública, en particular el excedente de corriente, y/o pueden operarse con corriente eléctrica producida por el al menos un generador.

20 Debido a esta creación de redes, la cantidad de corriente obtenida por un lado de la central eléctrica y por otro lado la potencia retirada de la red por ejemplo en el marco de la potencia de regulación de una central eléctrica, se pueden distribuir de manera flexible en la planta de tratamiento de gas y la electrólisis del agua, y, eventualmente, la electrólisis del agua puede arrancarse o pararse a corto plazo.

25 En particular, cuando la primera planta de producción que produce un producto gaseoso o gas residual pobre en CO<sub>2</sub> y rico en H<sub>2</sub> a partir de una materia prima carbonosa está provista de instalaciones de encendido, como ocurre por ejemplo en un horno de coque, la corriente parcial de gas producida en la planta de tratamiento de gas, al menos esencialmente exento de H<sub>2</sub> y que generalmente contiene carbono puede quemarse ventajosamente en una planta de encendido de este tipo. Esto es aplicable particularmente cuando dicha corriente parcial de gas contiene también proporciones de metano, como ocurre en el caso de un gas de coquería. Por tanto, la invención se caracteriza adicionalmente porque las 30 una o más instalaciones de encendido de la primera planta de producción está/están dispuestas en el lado de entrada más allá de la segunda conexión por tubería y/o de la tercera conexión por tubería en conexión por la tubería transportadora de fluido con la planta de tratamiento de gas, a través de la cual puede conducirse como combustible a la o las instalaciones de encendido al menos una parte de la corriente parcial de gas que contiene carbono, al menos sustancialmente exento de H<sub>2</sub>, producido en la 35 planta de tratamiento de gas.

40 Conveniente y particularmente ventajoso es, además, que se trate y se utilice el gas residual que contiene asimismo CO<sub>2</sub> que se forma particularmente en tales instalaciones de encendido, como por ejemplo la o las instalaciones de encendido de un horno de coque. La invención contempla también por tanto, en una realización adicional, que el uno o más instalaciones de encendido de la primera planta de producción del lado del gas residual se encuentre/encuentren más allá de una cuarta conexión por tubería con el segundo dispositivo de purificación del gas residual y/o con una conexión por tubería que conduce la corriente de gas residual que contiene CO<sub>2</sub> de la central eléctrica en conexión por tubería transportadora de fluido, a través de la cual puede conducirse al segundo dispositivo de purificación de gas residual al 45 menos una parte de la corriente de gas residual que contiene CO<sub>2</sub> que se forma en la o las instalaciones de encendido y/o a la central eléctrica, preferiblemente la totalidad de la corriente de gas residual.

50 Una realización especialmente conveniente de una planta de tratamiento de gas es una planta de adsorción con oscilación de presión, por lo que la invención contempla también en una realización adicional que la planta de tratamiento de gas está configurada como planta de adsorción con oscilación de presión.

55 Para poder disolver el dióxido de carbono de la corriente producto gaseoso/gas residual/gas de combustión que se forma y separarlo de ésta, se ha comprobado que son particularmente ventajosos los procedimientos denominados de captura post-combustión (PCC). La invención se caracteriza por tanto también en una realización adicional porque la instalación de producción de la corriente de gas rico en CO<sub>2</sub> está configurada como planta de captura post-combustión (PCC) de CO<sub>2</sub> que separa por lavado el CO<sub>2</sub> mediante un agente de absorción de la corriente de gas residual que contiene CO<sub>2</sub> de la central 60 eléctrica y/o de las una o más instalaciones de encendido.

65 El procedimiento conforme a la invención se puede utilizar ventajosamente en un gran número de plantas de producción industrial. En particular, son ventajosas aquellas plantas de producción industrial en las cuales la primera planta de producción que produce, a partir de una materia prima carbonosa, un producto gaseoso o gas residual pobre en CO<sub>2</sub> y rico en H<sub>2</sub>, es un horno de coque que produce un gas de coquería o una planta de gasificación o pirólisis o tostación de un material de partida carbonoso, lo que contempla asimismo la invención.

5 En cuanto a la planta de producción industrial, puede tratarse de una multiplicidad de plantas de producción. En una realización de la invención se contempla particularmente que la planta de producción industrial comprende una fábrica siderúrgica y/o una acería o una fábrica de cemento, especialmente un horno tubular rotativo, o una o varias plantas para la producción de vidrio fundido o una fábrica de productos químicos o una o más plantas de fabricación de papel, o está en conexión por tubería con éste/ésta/éstos en una conexión por tubería que conduce una corriente de gas que contiene CO<sub>2</sub>.

10 En una realización ventajosa del procedimiento, la invención contempla que la planta de tratamiento de gas y la planta de electrólisis del agua están en conexión eléctrica no sólo con el al menos un generador de la central eléctrica sino también con la red pública de corriente, y las mismas se operan opcionalmente, con la corriente existente en la red pública de corriente, en particular con el excedente de corriente, y/o con corriente eléctrica generada por el al menos un generador. De este modo se consigue la misma ventaja que se ha expuesto anteriormente para la planta de producción industrial, es decir, la utilización flexible de la corriente eléctrica producida o disponible de la red pública, y una flexibilización asociada a ello de la operación de la central eléctrica.

15 En cuanto al procedimiento, es ventajoso también que la primera planta de producción que produce un producto gaseoso o gas residual pobre en CO<sub>2</sub> y rico en H<sub>2</sub> esté provista de una o varias instalaciones de encendido, a la cual/las cuales se conduce como combustible en el lado de entrada de la planta de tratamiento de gas y/o de la segunda conexión por tubería al menos una parte de la corriente parcial de gas que contiene carbono, al menos esencialmente exento de H<sub>2</sub>, producido en la planta de tratamiento de gas.

20 También en este caso se consiguen de igual manera las ventajas indicadas anteriormente para la planta de producción industrial.

25 Por último, esto es aplicable también para la realización adicional de la invención, por la cual la primera planta de producción que produce un producto gaseoso o gas residual pobre en CO<sub>2</sub> y rico en H<sub>2</sub> está provista de una o varias instalaciones de encendido, que está/están dispuestos en el lado del gas residual más allá de una cuarta conexión por tubería con el segundo dispositivo de purificación del gas residual y/o con una conexión por tubería que conduce la corriente de gas residual que contiene CO<sub>2</sub> de la central eléctrica en conexión por tubería transportadora de fluido, más allá de la cual se conduce al segundo dispositivo de purificación del gas residual al menos una parte de la corriente de gas residual que contiene CO<sub>2</sub> que se forma en la o las instalaciones de encendido y/o a la central eléctrica, preferiblemente la totalidad de la corriente de gas residual que contiene CO<sub>2</sub>.

30 La invención se explica a continuación con más detalle a modo de ejemplo con ayuda de un dibujo. Éste representa en la figura única en representación esquemática una planta de producción industrial conforme a la invención, con la cual puede realizarse el procedimiento de la invención.

35 La planta de producción industrial designada en su totalidad en la figura única con el número la referencia 1 comprende una primera planta de producción 2 que produce, a partir de una materia prima carbonosa, un producto gaseoso o gas residual pobre en CO<sub>2</sub> y rico en H<sub>2</sub>. En el ejemplo de realización se trata, en cuanto a la primera planta de producción 2, de un horno de coque, por lo que el producto gaseoso o gas residual pobre en CO<sub>2</sub> y rico en H<sub>2</sub> producido en este caso es un gas de coquería. Un gas de coquería de este tipo contiene adicionalmente metano como componente. La primera planta de producción 2 está asociada a un primer dispositivo de purificación del gas residual 3, al cual se conduce el producto gaseoso o gas residual producido en la primera planta de producción 2. En este primer dispositivo de purificación del gas residual 3 se purifica el producto gaseoso o gas residual, en este caso gas de coquería, en la medida en que el mismo puede tratarse ulteriormente en una planta subsiguiente de tratamiento de gas 4. Para ello, el producto gaseoso o gas residual se desempolva por regla general en el primer dispositivo de purificación del gas residual 3 y se libera eventualmente de componentes ácidos. A la planta de tratamiento de gas 4 se conduce el producto gaseoso o gas residual por una primera conexión por tubería 5, que está conectada por un lado con la primera purificación del gas residual 3 y por otro lado con la planta de tratamiento del gas 4 de manera transportadora de fluido. En la planta de tratamiento de gas 4 se divide la corriente del producto gaseoso o gas residual transportado pobre en CO<sub>2</sub> y rico en H<sub>2</sub>, es decir el producto gaseoso o gas residual, en una corriente parcial de gas 6 que contiene carbono, al menos esencialmente exento de H<sub>2</sub>, y una corriente parcial de gas 7 rico en H<sub>2</sub> al menos esencialmente exento de carbono. En cuanto a la planta de tratamiento de gas 4, en el ejemplo de realización se trata de una planta de adsorción con oscilación de presión, que es conocida suficientemente por la técnica anterior. A través de una tercera conexión por tubería 8, la planta de tratamiento de gas 4 está en conexión por tubería transportadora de fluido con una central eléctrica 9, de tal modo que se conduce o al menos puede conducirse a ésta al menos parcialmente la corriente parcial de gas al menos esencialmente exento de H<sub>2</sub> y generalmente carbonosa 6 producida en la planta de tratamiento de gas 4, y particularmente a las instalaciones de encendido de la misma para apoyo de la combustión del combustible como adición de combustible o sustitución del combustible.

## ES 2 678 400 T3

5 En cuanto a la central eléctrica 9 se trata de una central eléctrica alimentada con un combustible carbonoso, particularmente gas o carbón, que tiene habitualmente un circuito agua/vapor no representado, que comprende al menos un juego de turbinas impulsadas por vapor y al menos un generador 10. No obstante, como combustible carbonoso puede utilizarse también biomasa.

10 La primera planta de producción 2 está provista de una unidad de encendido o instalación de encendido 11, en la cual al menos una parte de la corriente parcial de gas carbonoso 6 al menos esencialmente exento de H<sub>2</sub> producido en la planta 4 de tratamiento de gas se quema o encuentra utilización para apoyo de la combustión. Para ello, la unidad de encendido o la instalación de encendido 11 está situada en el lado de entrada más allá de una segunda conexión por tubería 12 con la planta de tratamiento de gas 4 y/o la tercera conexión por tubería 8 en conexión por la tubería transportadora de fluido. Ventajosamente, se transporta a la instalación de encendido 11 una cantidad tal de la corriente parcial de gas carbonoso 6 al menos esencialmente exento de H<sub>2</sub> producido en la planta de tratamiento de gas 4, como es precisa en ella para la obtención del calor y la potencia de fuego necesarios. Exclusivamente la proporción residual que queda de la corriente parcial de gas carbonoso 6, al menos esencialmente exento de H<sub>2</sub>, producida en la planta de tratamiento de gas 4, se conduce luego por una tercera conexión por tubería 8 a la central eléctrica 9.

20 En el lado del gas residual la instalación de encendido 11 de la primera planta de producción 2 se encuentra más allá de una cuarta conexión por tubería 13 que conduce a la instalación de encendido 11 la corriente de gas residual 17 que contiene CO<sub>2</sub> en conexión por tubería transportadora de fluido con un segundo dispositivo de purificación del gas residual 14, al cual se conduce el gas residual que se forma en la instalación de encendido 11. Asimismo, el segundo dispositivo de purificación del gas residual 14 se encuentra más allá de una conexión por tubería 16 que conduce la corriente de gas residual que contiene CO<sub>2</sub> de la central eléctrica 9 en conexión por tubería transportadora de fluido con la central eléctrica 9. En el segundo dispositivo de purificación del gas residual 14 se liberan las corrientes 15 y 17 de gas residual que contiene CO<sub>2</sub> de partículas de polvo y prácticamente de componentes ácidos como SO<sub>x</sub> y NO<sub>x</sub>.

30 Por una quinta conexión por tubería 18, la corriente de gas residual que contiene CO<sub>2</sub> purificada de este modo se conduce a una instalación 19 para la producción de una corriente de gas rico en CO<sub>2</sub>. En cuanto a esta instalación 19, se trata de una planta denominada de captura post-combustión (PCC), en la cual el CO<sub>2</sub> contenido en la corriente de gas residual se separa por lavado mediante un agente de absorción de la corriente de gas residual que contiene CO<sub>2</sub> 15 de la central eléctrica 9 y de la corriente de gas residual que contiene CO<sub>2</sub> 17 de la instalación de encendido 11, cuando éstas atraviesan el segundo dispositivo de purificación del gas residual 14.

40 La planta de producción 1 comprende adicionalmente una segunda planta de producción 20 que produce metanol y/o derivados de metanol, a la cual se conduce por una conexión por tubería de CO<sub>2</sub> 21 la corriente de gas rico en CO<sub>2</sub> producida en la instalación de producción de la corriente de gas rico en CO<sub>2</sub>. A continuación, la corriente de gas liberada de CO<sub>2</sub> sale de la instalación 19 como gas residual 22.

45 La segunda planta de producción 20 productora de metanol y/o derivados de metanol se encuentra adicionalmente más allá de una conexión por tubería de H<sub>2</sub> 23 por una parte con el lado que devuelve hidrógeno de una planta de electrólisis del agua 24 productora de hidrógeno y oxígeno, y por otra parte con el lado de la corriente parcial de gas rico en H<sub>2</sub> 7 de la planta de tratamiento de gas 4 en conexión por tubería transportadora de fluido, de tal modo que a esta segunda planta de producción 20 puede conducirse al menos en parte el hidrógeno (H<sub>2</sub>) producido en la planta de electrólisis del agua 24 y/o la corriente parcial de gas 7 rico en H<sub>2</sub> producida en la planta de tratamiento de gas 4. A partir del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y el hidrógeno (H<sub>2</sub>) conducidos como eductos a la segunda planta de producción 20 productora de metanol y/o productos derivados de metanol, se obtiene en la segunda planta de producción 20 como producto metanol o al menos un derivado de metanol. Por una conexión de línea eléctrica 25, 26, 27, 28, 29 están conectados entre sí el generador 10 de la central eléctrica 9, la planta de tratamiento de gas 4, la planta de electrólisis del agua 24 y la red eléctrica pública 30 de manera conmutable y controlable. Esto hace posible utilizar en cada caso de manera flexible la cantidad de corriente disponible, por ejemplo, el excedente de corriente existente en la red pública para el arranque o la parada de la planta de tratamiento de gas 4 y/o particularmente de la planta de electrólisis del agua 24. Asimismo, la central eléctrica 9 puede mantenerse en un escalón de potencia tan alto, que es posible una operación rentable, dado que siempre se produce metanol o un derivado de metanol como producto de acompañamiento, y la potencia empleada de la central eléctrica se utiliza no sólo para producir corriente eléctrica para la red pública o los dispositivos, instalaciones o plantas existentes en caso contrario hasta ahora en el marco de una planta de producción industrial respectiva.

65 En la instalación 19 para producción de una corriente de gas rico en CO<sub>2</sub> puede separarse hasta 90% del dióxido de carbono conducido a través de la quinta conexión por tubería 18 de la corriente de gas conducida, y conducirse a la conexión por tubería de CO<sub>2</sub> 21.

Además del hidrógeno ( $H_2$ ) formado en la planta de electrólisis del agua 24, el oxígeno ( $O_2$ ) formado en la misma puede conducirse también a una utilización adicional. El mismo puede encontrar aplicación como agente oxidante en la combustión del combustible en la central eléctrica 9 o en otras instalaciones de la planta de producción industrial 1.

5

El hidrógeno ( $H_2$ ) formado en la planta de tratamiento de gas 4 configurada como planta de adsorción con oscilación de presión como corriente parcial de gas 7 rico en  $H_2$  y esencialmente exento de carbono, y asimismo el hidrógeno ( $H_2$ ) formado en la planta de electrólisis del agua 24 se acondicionan de manera habitual y se mezclan con el dióxido de carbono ( $CO_2$ ) presurizado procedente de la instalación 19 para la producción de una corriente de gas rico en  $CO_2$ , y en la segunda planta de producción 20 se transforman estequiométricamente con el dióxido de carbono ( $CO_2$ ) conducido en metanol y/o derivados de metanol.

10

En la configuración del dispositivo 19 como planta PCC de lavado del  $CO_2$  por medio de un agente absorbente a partir de la corriente de gas residual que contiene  $CO_2$  15 de la central eléctrica 9 y/o de la corriente de gas residual que contiene  $CO_2$  17 de las una o más instalaciones de encendido 11, se emplea ventajosamente una amina o una solución de amina como agente de lavado o agente de absorción.

15

A fin de hacer posible una utilización satisfactoria del calor de proceso o calor residual que se forma y poder realizar intercambios de calor y/o integraciones de recuperación de calor en diferentes puntos de la planta de producción industrial 1, se han configurado en la planta de producción industrial 1, asociados respectivamente a las diferentes tuberías o instalaciones, cambiadores de calor o sistemas de recuperación de calor que se contemplan unitariamente con el número de referencia 31.

20

En un ejemplo de realización de un horno de coque para una primera planta de producción 2 que produce un producto gaseoso o gas residual pobre en  $CO_2$  y rico en  $H_2$  a partir de una materia prima carbonosa con una capacidad de aprox. 1.630.000 t de coque/año, se utiliza una parte del gas del horno de coque o gas de coquería para las instalaciones de encendido 11 necesarias para el encendido del horno de coque. La cantidad de gas de coquería que se produce para la producción total de coque mencionada anteriormente asciende a 394  $MW_{th}$  o 9,87 kg/s, de los cuales 175,62  $MW_{th}$  o 4,4 kg/s se utilizan para la instalación o instalaciones de encendido 11, y el resto se conduce a la central eléctrica 9. La emisión de  $CO_2$  de la instalación o instalaciones de encendido 11 es en estas condiciones 6,75 kg/s, y la de la central eléctrica 8,14 kg/s. Después de pasar por el primer dispositivo de purificación del gas residual 3, el producto gaseoso o gas residual contiene 23,04 % vol. de  $CH_4$ , 2,69 % vol. de otros hidrocarburos, 59,53 % vol. de  $H_2$ , 0,96 % vol. de  $CO_2$ , 3,84 % vol. de CO, 0,19 % vol. de  $O_2$ , 5,76 % vol. de  $N_2$  y 3,98 % vol. de  $H_2O$ .

25

30

En la planta de tratamiento de gas 4 se separan, a partir de este producto gaseoso o gas residual pobre en  $CO_2$  y rico en  $H_2$  conducido, aprox. 94% del hidrógeno ( $H_2$ ) como corriente parcial de gas rico en  $H_2$ . La corriente parcial restante de gas 6 esencialmente exento de  $H_2$  tiene una composición de 52,33 % vol.  $CH_4$ , 6,11 % vol. de otros hidrocarburos, 8,11 % vol. de  $H_2$ , 2,18 % vol. de  $CO_2$ , 8,72 % vol. de CO, 0,43 % vol. de  $O_2$ , 13,08 % vol. de  $N_2$  y 9,04 % vol. de  $H_2O$ . La misma fluye con un caudal másico de 8,74 kg/s y tiene un poder calorífico de 29,58 kJ/kg. Esta corriente parcial de gas 6 esencialmente exento de  $H_2$  se conduce parcialmente a la instalación de encendido 11, que requiere un caudal másico de 5,94 kg/s o 175,62  $MW_{th}$  y produce un caudal másico de gas residual 17 que contiene  $CO_2$  de 10,12 kg/s de  $CO_2$ , que junto con la corriente de gas residual 15 que contiene  $CO_2$  de la central eléctrica 9 se conduce al segundo dispositivo de purificación del gas residual 14. A la central eléctrica 9 se conducen 82,8  $MW_{th}$  como corriente parcial de gas residual 6 esencialmente exento de  $H_2$ , produciendo la central eléctrica 9 un caudal másico de 4,77 kg/s. En la planta PCC 19 se separan de la corriente de gas por lavado con una solución amínica 90% del  $CO_2$  y con ello 90% del  $CO_2$  total producido en la planta de producción industrial 1 y se transforman en una corriente de gas rico en  $CO_2$ . Esta corriente de gas rico en  $CO_2$  obtenida se presuriza y se conduce también junto con el hidrógeno ( $H_2$ ) obtenido de la planta de tratamiento de gas 4 como corriente parcial de gas rico en  $H_2$  7 y el hidrógeno ( $H_2$ ) obtenido en la planta de electrólisis del agua a la segunda planta de producción 20 productora de metanol y/o derivados de metanol 20. De la planta de tratamiento del gas 4 sale una corriente parcial de gas rico en  $H_2$  7 con un caudal másico de 1,13 kg/s o 135,45  $MW_{th}$  de hidrógeno ( $H_2$ ), y de la planta de electrólisis del agua 24 sale, en el caso de un empleo de 62  $MW_e$ , un caudal másico de 1,526 kg/s, de tal modo que en condiciones estequiométricas en la segunda planta de producción 20 tiene lugar una producción de 29,15 t de metanol/hora. En el caso de una planta 4 de adsorción con oscilación de presión de 14  $MW_e$  y sin utilización del calor del gas residual, este proceso conforme a la invención o este ejemplo del procedimiento conforme a la invención alcanza una eficiencia de 69%, mientras que las plantas convencionales, que contemplan exclusivamente una combustión del gas de coquería en la central eléctrica 9 y no comprenden producción de metanol ni electrólisis del agua, alcanzan sólo una eficiencia de 42%.

35

40

45

50

55

60

## REIVINDICACIONES

1. Planta de producción industrial (1) que comprende  
 5 una primera planta de producción (2) que produce, a partir de una materia prima carbonosa un producto gaseoso o gas residual pobre en CO<sub>2</sub> y rico en H<sub>2</sub> con un primer dispositivo (3) de purificación del gas residual asociado y un segundo dispositivo (14) de purificación del gas residual asociado,  
 una planta de tratamiento de gas (4) que está conectada por una primera conexión por tubería (5) con el  
 10 primer dispositivo de purificación del gas residual (3) y que divide el producto gaseoso o gas residual en una corriente parcial de gas que contiene carbono, al menos esencialmente exento de H<sub>2</sub> (6) y una corriente parcial de gas rico en H<sub>2</sub> (7) al menos esencialmente exento de carbono, donde la corriente parcial de gas esencialmente exento de H<sub>2</sub> (6) puede conducirse al menos parcialmente por medio de una segunda conexión por tubería (12) a uno o más dispositivos de encendido (11) que tiene la primera planta de producción (2), un dispositivo (19) para la producción de una corriente de gas rico en CO<sub>2</sub>, al cual puede conducirse al menos una parte de la corriente de gas residual (17) que contiene CO<sub>2</sub> producida en  
 15 el o los dispositivos de encendido (11) después de pasar por el segundo dispositivo de purificación del gas residual (14),  
 una planta de electrólisis del agua (24) que produce hidrógeno (H<sub>2</sub>) y oxígeno (O<sub>2</sub>)  
 y una segunda planta de producción (20) que produce metanol y/o derivados de metanol y que está conectada por un lado por la conexión por tubería de CO<sub>2</sub> (21) con el dispositivo (19) que produce la corriente de gas rico en CO<sub>2</sub> y a la cual puede conducirse al menos parcialmente la corriente de gas rico en CO<sub>2</sub> por medio de esta conexión por tubería de CO<sub>2</sub> (21), y que está conectada por otro lado por la conexión por tubería de H<sub>2</sub> (23) con la planta de tratamiento de gas (4) y la planta de electrólisis del agua (24), y a la cual pueden conducirse respectivamente al menos en parte la corriente parcial de gas rico en H<sub>2</sub> (7) producida en la planta de tratamiento de gas (4) y/o el hidrógeno (H<sub>2</sub>) formado en la planta de electrólisis del agua (24) por medio de esta conexión por tubería de H<sub>2</sub> (23).
2. Planta de producción industrial (1) según la reivindicación 1, **caracterizada porque** comprende una central eléctrica (9) alimentada con un combustible carbonoso, que tiene un circuito agua/vapor que comprende al menos un juego de turbinas impulsadas por vapor con al menos un generador (10) y que  
 30 está en conexión por tubería transportadora de fluido con la planta de tratamiento de gas (4) por una tercera conexión por tubería (8), por medio de la cual la corriente parcial de gas sustancialmente exento de H<sub>2</sub> (6) puede conducirse al menos parcialmente a la central eléctrica (9).
3. Planta de producción industrial (1) según la reivindicación 2, **caracterizada porque** la planta de  
 35 tratamiento de gas (4) y la planta de electrólisis del agua (24) tienen una conexión eléctrica (25, 26, 27, 28, 29) a la vez con el al menos un generador (10) de la central eléctrica (9) y con la red eléctrica pública (30) y pueden operarse opcionalmente utilizando corriente existente en la red eléctrica pública (30), en particular excedente de corriente, y/o utilizando energía eléctrica producida por el al menos un generador (10).
4. Planta de producción industrial (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** el uno o más dispositivos de encendido (11) de la primera planta de producción (2) está/están, en el lado de entrada, en conexión por tubería transportadora de fluido con la planta de  
 45 tratamiento de gas (4) por la segunda conexión por tubería (12) y/o la tercera conexión por tubería (8), por medio de las cuales al menos una parte de la corriente parcial del gas que contiene carbono, sustancialmente exento de H<sub>2</sub> (6), producida en la planta de tratamiento de gas (4) puede conducirse como combustible al o los dispositivos de encendido (11).
5. Planta de producción industrial (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** el uno o más dispositivos de encendido (11) de la primera planta de producción (2) está/están, en el lado del gas residual, en conexión por tubería transportadora de fluido por una cuarta  
 50 conexión por tubería (13) con el segundo dispositivo de purificación del gas residual (14) y/o con una conexión por tubería (16) que conduce la corriente de gas residual que contiene CO<sub>2</sub> (15) de la central eléctrica (9), a través de la cual pueden conducirse al segundo dispositivo de purificación del gas residual (14) al menos una parte de las corrientes de gas residual que contienen CO<sub>2</sub> (15, 17), preferiblemente la totalidad de las corrientes de gas que contienen CO<sub>2</sub>, producidas en el o los dispositivos de encendido (11) y/o la central eléctrica (9).
6. Planta de producción industrial (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** la planta de tratamiento de gas (4) está configurada como una planta de adsorción con oscilación de presión.
7. Planta de producción industrial (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** el dispositivo (19) que produce una corriente de gas rico en CO<sub>2</sub> está configurado  
 65 como una planta de captura post-combustión (PCC) que separa por lavado el CO<sub>2</sub> de la corriente de gas residual que contiene CO<sub>2</sub> (15, 17) de la central eléctrica (9) y/o de los uno o más dispositivos de encendido (11) por medio de un agente de absorción.

8. Planta de producción industrial (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** la primera planta de producción (2) que produce un producto gaseoso o gas residual pobre en CO<sub>2</sub> rico en H<sub>2</sub> a partir de una materia prima carbonosa es un horno de coque que produce un gas de coquería o una planta de gasificación, pirólisis o tostación de una materia prima carbonosa.

9. Planta de producción industrial (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** comprende una fábrica siderúrgica y/o una acería o una fábrica de cemento, en particular un horno tubular rotativo, o una o más plantas para la producción de vidrio fundido o una fábrica de productos químicos o una o más plantas de fabricación de papel, o está conectada éste/ésta/éstas por una conexión por tubería que transporta una corriente de gas que contiene CO<sub>2</sub>.

10. Procedimiento para la operación al menos sustancialmente exento de CO<sub>2</sub> de una primera planta de producción (2) que produce un producto gaseoso o gas residual pobre en CO<sub>2</sub> y rico en H<sub>2</sub> a partir de una materia prima carbonosa con un primer dispositivo asociado de purificación del gas residual (3) y un segundo dispositivo asociado de purificación del gas residual (14), en particular para la operación de una planta de producción industrial (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1-9,

**caracterizado porque** el producto gaseoso o gas residual pobre en CO<sub>2</sub> y rico en H<sub>2</sub> se conduce por una primera conexión por tubería (5) conectada con el primer dispositivo de purificación del gas residual (3) a una planta de tratamiento de gas (4) que divide el producto gaseoso o gas residual en una corriente parcial que contiene carbono, al menos sustancialmente exento de H<sub>2</sub> (6) y una corriente parcial de gas al menos sustancialmente exento de carbono y rico en H<sub>2</sub> (7) y la corriente parcial sustancialmente exento de H<sub>2</sub> (6) se conduce al menos parcialmente por una segunda conexión por tubería (12) a uno o más dispositivos de encendido (11) de la primera planta de producción (2), donde al menos una parte de la corriente de gas residual que contiene CO<sub>2</sub> (17) que se produce en el o los dispositivos de encendido (11) se conduce, después de pasar por el segundo dispositivo de purificación del gas residual (14), al menos parcialmente a un dispositivo (19) para producir una corriente de gas rico en CO<sub>2</sub>,

donde se producen hidrógeno (H<sub>2</sub>) y oxígeno (O<sub>2</sub>) por electrólisis del agua en una planta de electrólisis del agua (24) y se producen metanol y/o derivados de metanol en una segunda planta de producción (20) y, por un lado, la corriente de gas rico en CO<sub>2</sub> producida en el dispositivo (19) generador de la corriente de gas rico en CO<sub>2</sub> se conduce al menos parcialmente a la segunda planta de producción (20) y, por otro lado, la corriente parcial de gas rico en H<sub>2</sub> (7) producida por la planta de tratamiento de gas (4) y/o el hidrógeno (H<sub>2</sub>) formado en la planta de electrólisis del agua (24) se conduce en cada caso al menos parcialmente por una conexión por tubería de H<sub>2</sub> (23) a la segunda planta de producción (20).

11. Procedimiento según la reivindicación 10, **caracterizado porque** la corriente parcial de gas sustancialmente exento de H<sub>2</sub> (6) se conduce al menos en parte por una tercera conexión por tubería (8) a una central eléctrica (9), donde la central eléctrica (9) tiene un circuito agua/vapor con al menos un juego de turbinas impulsadas por vapor con al menos un generador (10) y se enciende con un combustible carbonoso y su corriente de gas residual que contiene CO<sub>2</sub> (15) se conduce al menos en parte al segundo dispositivo de purificación del gas residual asociado (14).

12. Procedimiento según la reivindicación 11, **caracterizado porque** la planta de tratamiento de gas (4) y la planta de electrólisis del agua (24) tienen una conexión eléctrica (25, 26, 27, 28, 29) a la vez con el al menos un generador (10) de la central eléctrica (9) y con la red eléctrica pública (30) y están operadas opcionalmente por medio de corriente eléctrica presente en la red eléctrica pública (30), en particular excedente de corriente, y/o con energía eléctrica producida por el al menos un generador (10).

13. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, **caracterizado porque** la primera planta de producción (2) que produce un producto gaseoso o gas residual pobre en CO<sub>2</sub> y rico en H<sub>2</sub> tiene uno o más dispositivos de encendido (11) al cual/los cuales se conduce como combustible, en el lado de entrada, al menos una parte de la corriente parcial de gas que contiene carbono, al menos sustancialmente exento de H<sub>2</sub> desde la planta de tratamiento de gas (4) y/o la tercera conexión por tubería (8).

14. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 10-13, **caracterizado porque** la primera planta de producción (2) que produce un producto gaseoso o gas residual pobre en CO<sub>2</sub> y rico en H<sub>2</sub> tiene uno o más dispositivos de encendido (11) que está/están, en el lado del gas residual, en conexión por tubería transportadora de fluido, por una cuarta conexión por tubería (13) con el segundo dispositivo de purificación del gas residual (14) y/o con una conexión por tubería (16) que conduce la corriente de gas residual que contiene CO<sub>2</sub> (15) de la central eléctrica (9), por medio de la cual al menos una parte de las corrientes de gas residual que contienen CO<sub>2</sub> (15, 17), preferiblemente la totalidad de las corrientes de gas residual que contienen CO<sub>2</sub>, que se producen en el o los dispositivos de encendido (11) y/o la central eléctrica (9), se conduce al segundo dispositivo de purificación del gas residual (14).

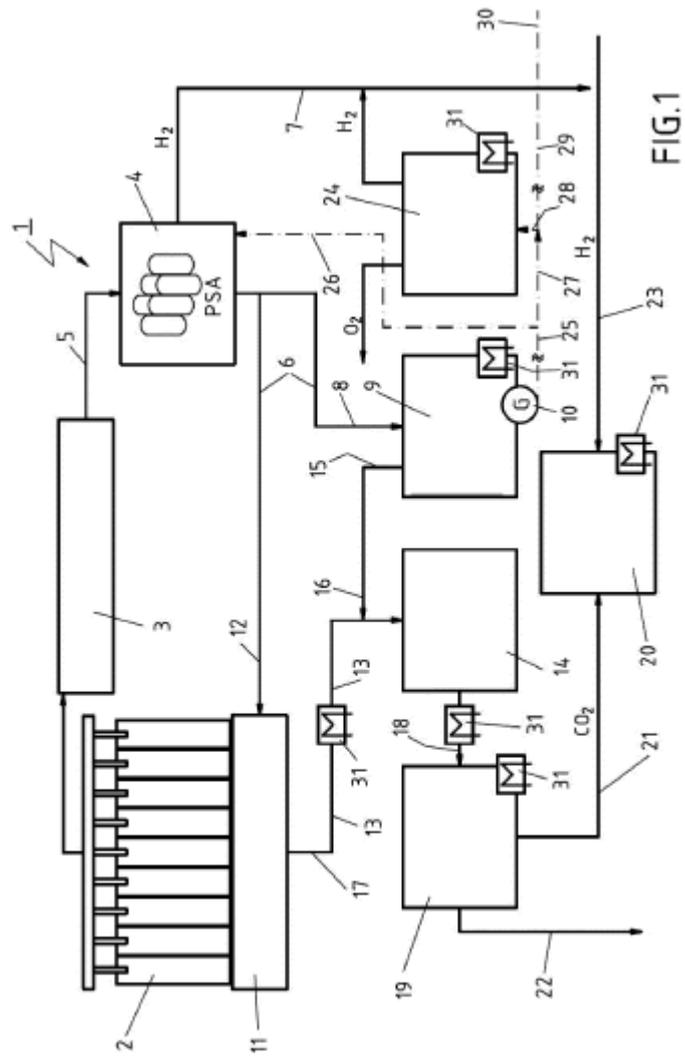


FIG.1