

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 808 865**

51 Int. Cl.:

**C21C 5/38** (2006.01)  
**C21B 5/06** (2006.01)  
**C21B 7/00** (2006.01)  
**C21C 5/28** (2006.01)  
**C21C 5/40** (2006.01)  
**C21C 1/00** (2006.01)  
**C25B 15/08** (2006.01)  
**C25B 1/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.12.2014 PCT/EP2014/003319**  
 87 Fecha y número de publicación internacional: **18.06.2015 WO15086153**  
 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.12.2014 E 14815581 (5)**  
 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.05.2020 EP 3080308**

54 Título: **Ensamblaje de instalaciones para la producción de acero y procedimiento para el funcionamiento del ensamblaje de instalaciones**

30 Prioridad:

**12.12.2013 DE 102013113921**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**02.03.2021**

73 Titular/es:

**THYSSENKRUPP AG (100.0%)  
 ThyssenKrupp Allee 1  
 45143 Essen, DE**

72 Inventor/es:

**ACHATZ, REINHOLD;  
 WAGNER, JENS;  
 OLES, MARKUS;  
 SCHMÖLE, PETER;  
 KLEINSCHMIDT, RALPH;  
 KRÜGER, MATTHIAS PATRICK;  
 KROTOV, DENIS y  
 VON MORSTEIN, OLAF**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

**Observaciones:**

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

ES 2 808 865 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

Ensamblaje de instalaciones para la producción de acero y procedimiento para el funcionamiento del ensamblaje de instalaciones

5 La invención se refiere a un ensamblaje de instalaciones para la producción de acero así como a un procedimiento para el funcionamiento del ensamblaje de instalaciones. Los documentos US 2006/027043 A1, WO 00/05421 A1 y HAMID GHANBARI ET AL: "Optimal design and Operation of a Steel plant integrated with a polygeneration System" revelan ensamblajes de instalaciones integrados para la producción de acero, conduciéndose gases de la generación de acero a instalaciones químicas posconectadas.

15 El ensamblaje de instalaciones para la producción de acero comprende al menos un alto horno para la producción de hierro bruto, una acería con convertidor para la producción de acero bruto, y un sistema de conducción de gas para gases que se producen durante la producción de hierro bruto y/o la producción de acero bruto. Aparte de eso, el ensamblaje de instalaciones puede presentar una central eléctrica para la generación de corriente, que está diseñada como central eléctrica con turbinas de gas o central eléctrica con turbinas de gas y turbinas de vapor y se hace funcionar con un gas que comprende al menos una cantidad parcial del gas de tragante que se produce durante la producción de hierro bruto en el alto horno y/o una cantidad parcial del gas de convertidor que se produce en la acería con convertidor.

20 En el alto horno se obtiene hierro bruto a partir de menas de hierro, fundentes así como coque y otros agentes de reducción tal como carbono, petróleo, gas, biomásas, residuos de plástico procesados u otras sustancias que contienen carbono y/o hidrógeno. Como productos de las reacciones de reducción se producen inevitablemente CO, CO<sub>2</sub>, hidrógeno y vapor de agua. Un gas de tragante extraído del proceso de alto horno presenta además de las partes constituyentes mencionadas anteriormente con frecuencia un alto contenido de nitrógeno. La cantidad de gas y la composición del gas de tragante depende de las materias primas y del modo de funcionamiento y está sujeta a oscilaciones. Normalmente, el gas de tragante contiene, sin embargo, del 35 % al 60 % en volumen de N<sub>2</sub>, del 20 % al 30 % en volumen de CO, del 20 % al 30 % en volumen de CO<sub>2</sub> y del 2 % al 15 % en volumen de H<sub>2</sub>. Aproximadamente del 30 % al 40 % del gas de tragante que se produce durante la producción de hierro bruto se usa generalmente para el calentamiento del aire caliente para el proceso de alto horno en recuperadores; la cantidad de gas de tragante que queda puede usarse en otras zonas de la central externamente para fines de calentamiento o para la generación de corriente.

35 En la acería con convertidor, que está conectada posteriormente al proceso de alto horno, se transforma hierro bruto en acero bruto. Mediante soplado desde arriba de oxígeno sobre hierro bruto líquido se separan impurezas perturbadoras tal como carbono, silicio, azufre y fósforo. Dado que los procesos de oxidación originan un fuerte desarrollo de calor, se añade con frecuencia chatarra en cantidades de hasta el 25 % con respecto al hierro bruto como medio de refrigeración. Además se añaden cal para la formación de escoria y agentes de aleación. Del convertidor de acero se extrae un gas de convertidor que presenta un alto contenido de CO y contiene además nitrógeno, hidrógeno y CO<sub>2</sub>. Una composición típica de gas de convertidor presenta del 50 % al 70 % en volumen de CO, del 10 % al 20 % en volumen de N<sub>2</sub>, aprox. el 15 % en volumen de CO<sub>2</sub> y aprox. el 2 % en volumen de H<sub>2</sub>. El gas de convertidor o bien se quema o se recoge en acerías modernas y se alimenta a un aprovechamiento energético.

45 El ensamblaje de instalaciones puede hacerse funcionar opcionalmente en unión con una coquería. En este caso, el ensamblaje de instalaciones descrito anteriormente comprende adicionalmente una instalación de horno de coque, en la que se transforma carbón mediante un proceso de coquización en coque. Durante la coquización de carbón para dar coque se produce un gas de horno de coque que contiene un alto contenido de hidrógeno y cantidades considerables de CH<sub>4</sub>. Normalmente contiene el gas de horno de coque del 55 % al 70 % en volumen de H<sub>2</sub>, del 20 % al 30 % en volumen de CH<sub>4</sub>, del 5 % al 10 % en volumen de N<sub>2</sub> y del 5 % al 10 % en volumen de CO. Adicionalmente, el gas de horno de coque presenta proporciones de CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> y H<sub>2</sub>S. En la práctica se usa el gas de horno de coque en distintas zonas de la central para fines de calentamiento y en el proceso de la central eléctrica para la generación de corriente. Además se conoce usar gas de horno de coque junto con gas de tragante o con gas de convertidor para la producción de gases de síntesis. De acuerdo con un procedimiento conocido por el documento WO 2010/136313 A1 se separa gas de horno de coque en un flujo de gas rico en hidrógeno y un flujo de gas residual que contiene CH<sub>4</sub> y CO, alimentándose el flujo de gas residual al proceso de alto horno y mezclándose el flujo de gas rico en hidrógeno con gas de tragante y procesándose posteriormente para dar un gas de síntesis. Por el documento EP 0 200 880 A2 se conoce mezclar gas de convertidor y gas de horno de coque y usarlo como gas de síntesis para una síntesis de metanol.

60 En una planta metalúrgica integrada, que se hace funcionar en unión con una coquería, se usan aproximadamente del 40 % al 50 % de los gases brutos que se producen como gas de tragante, gas de convertidor y gas de horno de coque para procesos técnicos de procedimiento. Aproximadamente del 50 % al 60 % de los gases producidos se alimentan a la central eléctrica y se usan para la generación de corriente. La corriente generada en la central eléctrica cubre la demanda de corriente para la producción de hierro bruto y de acero bruto. En el caso ideal se cierra el balance de energía, de modo que partiendo de menas de hierro y carbono en forma de carbón y coque como portadores de energía no es necesario ninguna entrada adicional de energía y salvo acero bruto y escoria no abandona ningún

producto el ensamblaje de instalaciones.

Ante este hecho, la invención se basa en el objetivo de mejorar adicionalmente la rentabilidad del proceso total e indicar un ensamblaje de instalaciones con el que sea posible reducir los costes para la producción de acero.

5 Partiendo de un ensamblaje de instalaciones para la producción de acero con un alto horno para la producción de hierro bruto, una acería con convertidor para la producción de acero bruto, y un sistema de conducción de gas para gases, que se producen durante la producción de hierro bruto y/o la producción de acero bruto, de acuerdo con la invención está prevista una instalación química o biotecnológica conectada al sistema de conducción de gas así como  
10 una instalación para la producción de hidrógeno, estando conectada la instalación para la producción de hidrógeno a través de una conducción, que conduce hidrógeno, al sistema de conducción de gas. Configuraciones ventajosas del ensamblaje de instalaciones de acuerdo con la invención se describen en las reivindicaciones 2 a 6.

15 Es objetivo de la invención también un procedimiento según la reivindicación 7 para el funcionamiento de un ensamblaje de instalaciones para la producción de acero, que presenta al menos un alto horno para la producción de hierro bruto, una acería con convertidor, una instalación química o instalación biotecnológica así como una instalación para la producción de hidrógeno. De acuerdo con el procedimiento de acuerdo con la invención se usa al menos una cantidad parcial de un gas de tragante que se produce durante la producción de hierro bruto en el alto horno y/o una  
20 cantidad parcial de un gas de convertidor que se produce durante la producción de acero bruto, tras un acondicionamiento de gas, como gas útil para la preparación de productos químicos en una instalación química o instalación biotecnológica. A este respecto, el gas útil se enriquece con hidrógeno antes de su uso como gas de síntesis, que se forma en la instalación para la producción de hidrógeno. A partir de gas de convertidor o gas de tragante o un gas mixto que se forma a partir de gas de tragante y gas de convertidor, pueden generarse gases de síntesis que constan fundamentalmente de CO y H<sub>2</sub>, cuya composición está coordinada con un proceso posterior en  
25 la instalación química o la instalación biotecnológica. Con una adición selectiva de hidrógeno, que se genera dentro del ensamblaje de instalaciones, la relación de CO e hidrógeno puede ajustarse de manera muy precisa y variarse en un amplio intervalo de parámetros.

30 En la instalación química pueden generarse productos químicos a partir de gases de síntesis, que contienen en cada caso los componentes del producto final. Los productos químicos pueden ser por ejemplo amoníaco o metanol o también otros compuestos de hidrocarburo.

35 Para la producción de amoníaco, debe proporcionarse un gas de síntesis, que contiene nitrógeno e hidrógeno en la relación adecuada. El nitrógeno se obtiene a partir de gas de tragante. Como fuentes de hidrógeno puede usarse gas de tragante o gas de convertidor, generándose hidrógeno por medio de la conversión del porcentaje de CO mediante una reacción de desplazamiento ("shift reaction") de agua y gas ( $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$ ). Para la preparación de compuestos de hidrocarburo, por ejemplo, metanol, debe proporcionarse un gas de síntesis que conste fundamentalmente de CO y/o CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>, que contiene los componentes monóxido de carbono y/o dióxido de carbono en la relación adecuada. La relación se describe frecuentemente por medio del módulo  $(\text{H}_2 - \text{CO}_2) / (\text{CO} + \text{CO}_2)$ . El hidrógeno puede generarse, por ejemplo, por la conversión del porcentaje de CO en el gas de tragante mediante una  
40 reacción de desplazamiento de agua y gas. Para proporcionar CO puede recurrirse a gas de convertidor. Como fuente de CO<sub>2</sub> puede servir gas de tragante y/o gas de convertidor.

45 No obstante, en el caso de los conceptos descritos anteriormente, el contenido de C o el contenido de N del gas mixto no puede aprovecharse completamente, puesto que está presente un déficit de hidrógeno. Para poder aprovechar el contenido de C o el contenido de N de los gases que se producen durante la producción de hierro bruto y/o la producción de acero bruto completamente para la preparación de productos químicos, de acuerdo con la invención se dosifica hidrógeno, que se forma en una instalación para la producción de hidrógeno. La producción de hidrógeno se realiza preferentemente mediante electrolisis de agua, accionándose la electrolisis de agua, de manera conveniente,  
50 con corriente eléctrica que se ha generado a partir de energía renovable. Durante una electrolisis de agua también se produce oxígeno, que puede aprovecharse en el alto horno para la producción de hierro bruto y/o en la acería con convertidor para la producción de acero bruto.

55 En el contexto de la invención también se encuentra que se genera gas de síntesis a partir de gas de convertidor y se enriquece con hidrógeno. Por medio del enriquecimiento con hidrógeno, que se genera dentro del ensamblaje de instalaciones correspondientemente a la demanda de hidrógeno, el contenido de H<sub>2</sub> del gas de convertidor puede ajustarse a cada valor deseado.

60 Aparte de eso, existe la posibilidad de producir a partir de gas de tragante y gas de convertidor un gas mixto, el cual se usa, tras un acondicionamiento de gas y enriquecimiento con hidrógeno, como gas de síntesis para la preparación de productos químicos. A este respecto, resulta conveniente generar el hidrógeno mediante electrolisis de agua usando corriente a partir de energía renovable.

65 En el contexto de la invención, en lugar de una instalación química para generar productos a partir de gas de síntesis, también puede utilizarse una instalación biotecnológica. En este sentido, se trata de una instalación para la fermentación de gas de síntesis. El gas de síntesis se aprovecha bioquímicamente a través de una fermentación, pudiendo prepararse productos tales como alcoholes (etanol, butanol), acetona o ácidos orgánicos. En el presente

caso, estos productos que se generan mediante fermentación de gas de síntesis también están mencionados solo a modo de ejemplo.

5 De acuerdo con una realización preferente de la invención, el ensamblaje de instalaciones comprende adicionalmente una instalación de horno de coque. Cuando la producción de hierro bruto y la producción de acero bruto se hace funcionar en unión con una coquería, puede mezclarse una cantidad parcial del gas de tragante que se produce durante la producción de hierro bruto y/o una cantidad parcial del gas de convertidor producido en la acería con convertidor con una cantidad parcial del gas de horno de coque que se produce en la instalación de horno de coque y puede usarse el gas mixto como gas útil. Para la producción de un gas de síntesis, por ejemplo para la síntesis de amoníaco, puede usarse como gas útil una mezcla de gas de horno de coque y gas de tragante o un gas mixto de gas de horno de coque, gas de convertidor y gas de tragante. Para la preparación de compuestos de hidrocarburo es adecuado un gas mixto de gas de horno de coque y gas de convertidor o un gas mixto de gas de horno de coque, gas de convertidor y gas de tragante. A este respecto, los productos químicos descritos, que pueden prepararse en una instalación química a partir de gas de tragante, gas de convertidor y gas de horno de coque, solo son ejemplos de aplicación para explicar las variantes de procedimiento descritas en las reivindicaciones.

20 Los gases brutos - gas de horno de coque, gas de convertidor y/o gas de tragante - pueden procesarse individualmente o en combinaciones como gas mixto y entonces pueden alimentarse como gas de síntesis a la instalación química. El procesamiento en particular de gas de horno de coque comprende una purificación de gas para la separación de sustancias constitutivas perturbadoras, en particular alquitrán, azufre y compuestos de azufre, hidrocarburos aromáticos (BTX) e hidrocarburos de alto punto de ebullición. Para la preparación del gas de síntesis es necesario además un acondicionamiento del gas. En el contexto del acondicionamiento del gas se modifica la proporción de los componentes CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> dentro del gas bruto. El acondicionamiento del gas comprende por ejemplo una adsorción por cambio de presión para la separación y enriquecimiento de H<sub>2</sub> y/o una reacción de desplazamiento de agua-gas para la conversión de CO en hidrógeno y/o un reformador de vapor para la conversión de la proporción de CH<sub>4</sub> en CO e hidrógeno en el gas de horno de coque.

30 De acuerdo con una realización preferente de la invención, el ensamblaje de instalaciones comprende una central eléctrica para la generación de corriente, que está diseñada como central eléctrica con turbinas de gas o central eléctrica con turbinas de gas/turbinas de vapor y se hace funcionar con un gas que comprende al menos una cantidad parcial del gas de tragante que se produce durante la producción de hierro bruto en el alto horno y/o una cantidad parcial del gas de convertidor que se produce en la acería con convertidor. La central eléctrica para la generación de corriente y la instalación química o instalación biotecnológica están conectadas en paralelo en la guía de corriente de los gases. Los flujos de gas alimentados, por una parte, a la central eléctrica y, por otra parte, a la instalación química o biotecnológica, son regulables.

40 En el caso del procedimiento de acuerdo con la invención, al menos una cantidad parcial del gas de tragante que se produce durante la producción de hierro bruto en el alto horno y/o una cantidad parcial del gas de convertidor que se produce en la acería con convertidor se aprovecha como gas bruto con el fin de generar de ello, a través de reacciones químicas en una instalación química o a través de procesos bioquímicos en una instalación biotecnológica, productos, es decir, materiales valiosos. Como consecuencia del aprovechamiento de una parte de estos gases, falta corriente del ensamblaje de instalaciones, que debe comprarse externamente. La corriente comprada externamente puede provenir de centrales eléctricas convencionales o de energías renovables. Preferentemente, la corriente comprada externamente se obtiene y proviene por completo o al menos parcialmente de energía renovable, por ejemplo, de aerogeneradores, instalaciones solares, centrales eléctricas geotérmicas, centrales hidroeléctricas, centrales maremotrices y similares. Para lograr un funcionamiento lo más económico posible del ensamblaje de instalaciones, se compra adicionalmente corriente en momentos de baja tarifa de corriente y se usa para abastecer el ensamblaje de instalaciones, y se usa la parte, no aprovechada para la generación de corriente, del gas útil, tras un acondicionamiento de gas en la instalación química o la instalación biotecnológica, para la preparación de productos químicos. Por el contrario, en momentos de alta tarifa de corriente, el gas útil se alimenta por completo o al menos en gran parte a la central eléctrica con el fin de generar corriente para abastecer el ensamblaje de instalaciones. La instalación química o instalación biotecnológica se apaga correspondientemente en momentos de alta tarifa de corriente. Lo mismo se aplica a la electrolisis de agua accionada con corriente eléctrica. Si la instalación química se apaga en caso de alta tarifa de corriente, la demanda de hidrógeno también es menor. En cambio, si la instalación química se acciona en caso de baja tarifa de corriente con un gran rendimiento de producción, el hidrógeno también puede generarse de manera rentable mediante electrolisis de agua. Para el accionamiento del procedimiento, se prevé una regulación que determine el funcionamiento recíproco de la central eléctrica, por una parte, y de la instalación química o instalación biotecnológica, por otra parte, dependiendo de una magnitud de proceso variable. La magnitud de proceso se determina preferentemente dependiendo de una función que contiene como variables el precio de la corriente comprada externamente y los costes de la generación de corriente de la central eléctrica.

65 El procedimiento de acuerdo con la invención posibilita un funcionamiento económico del ensamblaje de instalaciones. A este respecto, el procedimiento de acuerdo con la invención también aprovecha en particular que la eficiencia de un proceso de central eléctrica para generar corriente es peor que la eficiencia de una instalación química o de una instalación biotecnológica, en la que se preparan productos químicos a partir de gas de síntesis a través de reacciones químicas o a través de procesos bioquímicos.

El rendimiento de la instalación química o de la instalación biotecnológica se regula dependiendo de la cantidad de gas de síntesis alimentada a esta instalación. Un desafío esencial para la instalación química es el funcionamiento dinámico en el caso de cargas de instalación cambiantes. El modo de operación en el caso de cargas de instalación cambiantes puede realizarse en particular por que la instalación química presente una pluralidad de pequeñas unidades conectadas en paralelo, las cuales se conectan o desconectan individualmente según el flujo de cantidad de gas útil que está a disposición.

El uso de una instalación biotecnológica tiene la ventaja de que una instalación biotecnológica es más flexible en cuanto al cambio de carga que una instalación química.

Bajo la invención se encuentra además el uso de una instalación química o biotecnológica para el acoplamiento a una planta metalúrgica según la reivindicación 18.

A continuación se explica la invención por medio de un dibujo que representa únicamente un ejemplo de realización. Muestran esquemáticamente

la **figura 1** un diagrama de bloques muy simplificado de un ensamblaje de instalaciones para la producción de acero con un alto horno para la producción de hierro bruto, una acería con convertidor para la producción de acero bruto, una central eléctrica, una instalación química o biotecnológica y una instalación para la generación de hidrógeno,

la **figura 2** el diagrama de bloques muy simplificado de un ensamblaje de instalaciones, que comprende, adicionalmente a un alto horno para la producción de hierro bruto, una acería con convertidor para la producción de acero bruto, una central eléctrica, una instalación química o biotecnológica y una instalación para la generación de hidrógeno, también una instalación de horno de coque.

El ensamblaje de instalaciones representado en la figura 1 para la producción de acero comprende un alto horno 1 para la producción de hierro bruto, una acería con convertidor 2 para la producción de acero bruto, una central eléctrica 3 para la generación de corriente y una instalación química o biotecnológica 11.

En el alto horno 1 se obtiene hierro bruto 6 esencialmente a partir de mena de hierro 4 y agentes de reducción 5, en particular coque y carbón. Mediante reacciones de reducción se produce un gas de tragante 7, que contiene como partes constituyentes principales nitrógeno, CO, CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>. En la acería con convertidor 2, que está conectada posteriormente al proceso de alto horno, se convierte hierro bruto 6 en acero bruto 8. Mediante soplado desde arriba de oxígeno sobre hierro bruto líquido se separan impurezas perturbadoras, en particular carbono, silicio y fósforo. Para el enfriamiento puede alimentarse chatarra en cantidades de hasta el 25 % con respecto a la cantidad de hierro bruto. Además se añaden cal para la formación de escoria y agentes de aleación. En la cabeza del convertidor se extrae un gas de convertidor 9, que presenta una proporción muy alta de CO.

La central eléctrica 3 está diseñada como central eléctrica con turbinas de gas o central eléctrica con turbinas de gas y turbinas de vapor y se hace funcionar con un gas que comprende al menos una cantidad parcial del gas de tragante 7 que se produce durante la producción de hierro bruto en el alto horno 1 y/o una cantidad parcial del gas de convertidor 9 que se produce en la acería con convertidor 2. Para la conducción de los gases está previsto un sistema de conducción de gas.

De acuerdo con un equilibrio total representado en la figura 1 se alimenta al ensamblaje de instalaciones carbono como agente de reducción 5 en forma de carbón y coque así como mena de hierro 4. Como productos se producen acero bruto 8 y gases brutos 7, 9, que se diferencian en cantidad, composición, valor calorífico y pureza y se usan de nuevo en distintos puntos en el ensamblaje de instalaciones. En caso de una consideración total se reconduce del 40 % al 50 %, en la mayoría de los casos aproximadamente el 45 %, de los gases brutos 7, 9 de nuevo al proceso metalúrgico para la producción de hierro bruto o producción de acero bruto. Entre el 50 % y el 60 %, en la mayoría de los casos aproximadamente el 55 %, de los gases brutos 7, 9 puede usarse para el funcionamiento de la central eléctrica 3. La central eléctrica 3 accionada con un gas mixto 10 a partir de gas de tragante 7 y gas de convertidor 9 se diseña de manera que puede cubrir la demanda de corriente del ensamblaje de instalaciones.

De acuerdo con la representación en la figura 1, está prevista una instalación química o biotecnológica 11, que está unida al sistema de conducción de gas y está conectada en cuanto al suministro de gas en paralelo respecto a la central eléctrica 3. El sistema de conducción de gas presenta un derivador de gas 12 que puede controlarse operacionalmente para la distribución de los flujos máxicos de gas alimentados a la central eléctrica 3 y a la instalación química o biotecnológica 11. En dirección de flujo delante del derivador de gas está previsto un dispositivo de mezclado 13 para la preparación del gas mixto que está constituido por gas de tragante 7 y gas de convertidor 9.

En el ensamblaje de instalaciones representado en la figura 1 se usa al menos una cantidad parcial del gas de tragante 7 que se produce durante la producción de hierro bruto en el alto horno 1 y una cantidad parcial del gas de convertidor 9 que se produce durante la producción de acero bruto como gas útil para el funcionamiento de la central eléctrica 3

y de la instalación química o biotecnológica 11. Para cubrir la demanda de corriente del ensamblaje de instalaciones se recurre a corriente recibida externamente 14 y corriente de la central eléctrica 15, que se genera por la central eléctrica 3 del ensamblaje de instalaciones. El porcentaje de corriente de la corriente recibida externamente 14 con respecto a la demanda de corriente del ensamblaje de instalaciones se determina como magnitud de proceso variable y la cantidad de gas útil N1 alimentado a la central eléctrica 3 se fija dependiendo de esta magnitud de proceso. La parte del gas útil N2 no aprovechada para la generación de corriente se usa, tras un acondicionamiento de gas, como gas de síntesis para la preparación de productos químicos 16 o, tras un acondicionamiento de gas, se alimenta a la instalación biotecnológica y se aprovecha para procesos bioquímicos.

La corriente recibida externamente 14 preferentemente se obtiene completamente o al menos parcialmente de energía renovable y procede de instalaciones eólicas, instalaciones solares, centrales hidroeléctricas y similares. La magnitud de proceso sobre la que se determina la base de la cantidad de gas útil N1 alimentado al proceso de central eléctrica se fija dependiendo de una función que contiene como variables el precio de la corriente comprada externamente y los costes de la generación de la corriente de la central eléctrica 15. Para la obtención de un funcionamiento a ser posible económico del ensamblaje de instalaciones se compra corriente eléctrica en momentos de baja tarifa de corriente como corriente externa 14 y se usa para el suministro de corriente del ensamblaje de instalaciones, alimentándose la parte del gas útil N2 no aprovechada para la generación de corriente a la instalación química o biotecnológica 11 y, tras un acondicionamiento de gas, usándose como gas de síntesis para la preparación de productos químicos 16. En momentos de alta tarifa de corriente, se alimentan a la central eléctrica 3 los gases brutos 7, 9 que se producen durante la producción de hierro bruto y la producción de acero bruto con el fin de generar la corriente para abastecer el ensamblaje de instalaciones. La instalación química 11 o la instalación biotecnológica prevista como alternativa se apaga correspondientemente en momentos de alta tarifa de corriente.

Para que pueda aprovecharse el contenido de carbono y el contenido de nitrógeno de los gases brutos que se producen durante el funcionamiento del ensamblaje de instalaciones completamente para la preparación de productos químicos, debe alimentarse hidrógeno para compensar un déficit de hidrógeno. Por eso, el ensamblaje de instalaciones presenta adicionalmente una instalación para la generación de hidrógeno 21, que está unida al sistema de conducción de gas a través de una conducción 22, que conduce hidrógeno. La instalación para la generación de hidrógeno 21 puede ser en particular una instalación de electrolisis para la electrolisis de agua. El funcionamiento de una electrolisis de agua consume mucha energía y, por eso, principalmente se pone en funcionamiento en momentos de baja tarifa de corriente, en los cuales también se accionan la instalación química 11 o la instalación biotecnológica y la central eléctrica 3 está apagada. El hidrógeno generado adicionalmente se alimenta como gas de síntesis a la instalación química 11 junto con el gas útil. Por ello, puede aumentarse considerablemente la capacidad de la instalación química 11. Lo mismo se aplica si, en lugar de la instalación química 11, se prevé una instalación biotecnológica.

En el ejemplo de realización de la figura 2 comprende el ensamblaje de instalaciones adicionalmente una instalación de horno de coque 17. Durante la coquización de carbón 18 para dar coque 19 se produce gas de horno de coque 20, que contiene una proporción alta de hidrógeno y  $\text{CH}_4$ . Pueden usarse partes del gas de horno de coque 20 para el calentamiento de los recuperadores en el alto horno 1. El sistema de conducción de gas incluye una distribución de gas para el gas de horno de coque 20. En dirección de flujo delante del derivador de gas 12 está previsto un dispositivo de mezclado 13 para la preparación de un gas mixto 10 que está constituido por gas de tragante 7, gas de convertidor 9 y gas de horno de coque 20. Con el derivador de gas 12 pueden controlarse los flujos máxicos de gas alimentados a la central eléctrica 3 y a la instalación química o biotecnológica 11.

Durante el funcionamiento de la instalación representada en la figura 2, una cantidad parcial del gas de tragante 7 que se produce durante la producción de hierro bruto y/o una cantidad parcial del gas de convertidor 9 que se produce en la acería con convertidor se mezcla con una cantidad parcial del gas de horno de coque 20 que se produce en la instalación de horno de coque 17. El gas mixto 10 se usa para el funcionamiento de la central eléctrica 3 y, tras un acondicionamiento de gas y enriquecimiento con hidrógeno, como gas de síntesis en la instalación química 11 o instalación biotecnológica.

El gas de tragante 7, el gas de convertidor 9 y el gas de horno de coque 20 pueden combinarse entre sí de manera discrecional. La combinación de los flujos de gas 7, 9, 20 depende del gas de síntesis deseado o bien del producto que debería prepararse a partir del gas de síntesis en la instalación química 11 o la instalación biotecnológica. A este respecto, se realiza un enriquecimiento adicional con hidrógeno, que se genera en la instalación 21 preferentemente mediante electrolisis de agua.

## REIVINDICACIONES

1. Ensamblaje de instalaciones para la producción de acero con un alto horno (1) para la producción de hierro bruto,  
5 una acería con convertidor (2) para la producción de acero bruto, un sistema de conducción de gas para gases que se producen durante la producción de hierro bruto y/o la producción de acero bruto
- caracterizado por que**  
10 el ensamblaje de instalaciones comprende adicionalmente una instalación química (11) o una instalación biotecnológica conectadas al sistema de conducción de gas así como una instalación (21) para la generación de hidrógeno, estando conectada la instalación (21) para la generación de hidrógeno mediante una conducción (22), que conduce hidrógeno, al sistema de conducción de gas, comprendiendo el ensamblaje de instalaciones una central eléctrica (3), la cual está diseñada como central eléctrica con turbinas de gas o central eléctrica con turbinas de gas y turbinas de vapor y se hace funcionar con un gas que comprende al menos una cantidad parcial del gas de tragante  
15 que se produce durante la producción de hierro bruto en el alto horno (1) y/o una cantidad parcial del gas de convertidor (2) que se produce en la acería con convertidor, y **por que** el sistema de conducción de gas presenta un derivador de gas (12) conmutable para la distribución de los flujos máxicos de gas alimentados a la central eléctrica (3) y a la instalación química (11) o a la instalación biotecnológica.
- 20 2. Ensamblaje de instalaciones según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la conducción (22), que conduce hidrógeno, está conectada a un dispositivo de mezclado (13) dispuesto en dirección de flujo delante de la instalación química o biotecnológica (11), en el cual una corriente de gas alimentada al dispositivo de mezclado (13) se enriquece con hidrógeno.
- 25 3. Ensamblaje de instalaciones según las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado por que** la instalación química (11) o la instalación biotecnológica están conectadas a una conducción para gas de convertidor, y por que la conducción (22), que conduce hidrógeno, está conectada a la conducción de gas de convertidor, de manera que el gas de convertidor puede enriquecerse con hidrógeno para el uso en la instalación química (11) o la instalación biotecnológica.
- 30 4. Ensamblaje de instalaciones según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** la instalación (21) para la generación de hidrógeno presenta una instalación de electrolisis para la electrolisis de agua.
5. Ensamblaje de instalaciones según la reivindicación 4, **caracterizado por que** la instalación de electrolisis está conectada por medio de un equipo de retorno de oxígeno al alto horno (1) y/o a una instalación para la producción de  
35 acero bruto.
6. Procedimiento para el funcionamiento de un ensamblaje de instalaciones según la reivindicación 1, que presenta un alto horno (1) para la producción de hierro bruto, una acería con convertidor (2), una instalación química (12) o una  
40 instalación biotecnológica, así como una instalación (21), para la generación de hidrógeno
- a) en donde al menos una cantidad parcial de un gas de tragante que se produce durante la producción de hierro bruto en el alto horno (1) y/o una cantidad parcial de un gas de convertidor que se produce durante la producción de acero bruto se usa tras un acondicionamiento de gas como gas útil para la preparación de productos químicos (16),  
45 b) en donde el gas útil se enriquece con hidrógeno antes de su uso como gas de síntesis, que se forma en la instalación (21) para la generación de hidrógeno,
- en donde una parte del gas útil se alimenta a una central eléctrica (3) y se usa para la generación de corriente, en donde la central eléctrica (3) y la instalación química o biotecnológica (11) están conectadas en paralelo y en donde se regulan los flujos parciales de gas alimentados, por una parte, a la central eléctrica (3) y, por otra parte, a la  
50 instalación química o biotecnológica (11).
7. Procedimiento según la reivindicación 6, **caracterizado por que** el gas de síntesis se genera a partir del gas de convertidor y se enriquece con hidrógeno.  
55
8. Procedimiento según la reivindicación 6, **caracterizado por que** se prepara un gas mixto a partir del gas de tragante y el gas de convertidor, el cual, tras un acondicionamiento de gas y enriquecimiento con hidrógeno, se usa como gas de síntesis para la preparación de productos químicos o en la instalación biotecnológica para procesos bioquímicos.
- 60 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 6 a 8, **caracterizado por que** el hidrógeno se genera por electrolisis de agua.
10. Procedimiento según la reivindicación 9, **caracterizado por que** la electrolisis de agua se realiza con corriente eléctrica, que se ha generado a partir de energía renovable.  
65
11. Procedimiento según las reivindicaciones 9 o 10, **caracterizado por que** el oxígeno formado durante la electrolisis

de agua en el alto horno (1) se aprovecha para la producción de hierro bruto y/o en la acería con convertidor (2) para la producción de acero bruto.

5 12. Procedimiento según una de las reivindicaciones 6 a 11, **caracterizado por que** la cantidad de H<sub>2</sub> generada se calcula de manera que el porcentaje de carbono y de nitrógeno del gas útil puede aprovecharse completamente para la conversión en productos químicos.

10 13. Procedimiento según una de las reivindicaciones 6 a 12, **caracterizado por que** del 5 % al 60 % de la cantidad de gas que se produce durante la producción de hierro bruto como gas de tragante y/o en la acería con convertidor (2) como gas de convertidor se alimenta a la instalación química o biotecnológica (11) y se usa para la generación de productos químicos (16).

15 14. Procedimiento según una de las reivindicaciones 6 a 13, **caracterizado por que** al gas útil se alimenta mediante mezclado gas de coquería.

20 15. Procedimiento según una de las reivindicaciones 6 a 14, **caracterizado por que** la central eléctrica (3) se reduce a un funcionamiento de carga parcial o de carga básica, así como el flujo de cantidad de gas alimentado a la central eléctrica (3) se estrangula correspondientemente si la tarifa de corriente para energía eléctrica a partir de energía renovable es menor, en un factor predeterminado, que los costes de la corriente generada en la central eléctrica (3).

25 16. Uso de una instalación química o biotecnológica (11) junto con una instalación (21) para la generación de hidrógeno para el acoplamiento a un ensamblaje de instalaciones de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende al menos un alto horno (1) para la producción de hierro bruto y una acería con convertidor (2), con la condición de que al menos una cantidad parcial del gas de tragante que se produce durante la producción de hierro bruto y/o al menos una cantidad parcial del gas de convertidor que se produce en la acería con convertidor se alimenta a la instalación química o biotecnológica (11) y, tras un acondicionamiento del gas y tras un enriquecimiento con hidrógeno, se aproveche como gas de síntesis para la generación de productos químicos.



