

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 704 666**

51 Int. Cl.:

**C10B 47/18** (2006.01)

**C10J 3/20** (2006.01)

**C10J 3/48** (2006.01)

**C10B 21/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.10.2011 PCT/SE2011/000176**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.04.2012 WO12050498**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.10.2011 E 11832826 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.10.2018 EP 2627734**

54 Título: **Método y equipo para producir coque durante la gasificación calentada indirectamente**

30 Prioridad:

**11.10.2010 SE 1001004**

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

**19.03.2019**

73 Titular/es:

**CORTUS AB (100.0%)  
Norrgårdsvägen 4A  
192 69 Sollentuna, SE**

72 Inventor/es:

**LJUNGGREN, ROLF**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 704 666 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).

**DESCRIPCION**

Método y equipo para producir coque durante la gasificación calentada indirectamente

**5 Área técnica de la invención**

La presente invención se refiere a un método para producir coque durante la gasificación calentadas indirectamente, en el que se suministran partículas de carbón a un reactor de gasificación y se reduce el gas de proceso suministrado durante la gasificación en él en gas de síntesis, por lo que se retira el gas de síntesis fuera del reactor de gasificación. La invención se refiere también al equipo para realizar el método.

**Técnica anterior**

El carbón es una sustancia básica que es nuestra fuente de energía más importante, pero también un producto químico importante en muchos tipos de procesos. El fuerte potencial de reducción del carbón se utiliza, por ejemplo, en procesos metalúrgicos, donde se reduce mineral de hierro con carbón. Además, la recuperación de material residual oxidado desde la industria del acero es un ejemplo del uso de carbón. Estos procesos se basan actualmente principalmente en carbón fósil que es pre-calentado con el fin de obtener la resistencia apropiada y las propiedades para el proceso, por ejemplo, en hornos de coque. La emisión de dióxido de carbono desde estos tipos de procesos debería poder reducirse si se puede introducir carbón renovable (basado en biomasa). Esta patente describe un método para la producción de carbón/coque para aplicación, por ejemplo, como agente reductor por la carburización del carbón durante la gasificación calentada indirectamente de partículas de carbón.

La gasificación es un proceso para producir combustible gaseoso a partir de combustible sólido. La tecnología se utiliza para carbón, productos de carbón residual, residuos de petróleo, residuos y biomasa. Las reacciones se basan en el hecho de que se calientan gases de oxidación (por ejemplo, CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O) y reaccionan con carbón (agente reductor de [C]), durante las que se forman monóxido de carbono (CO) y gas hidrógeno (H<sub>2</sub>) por que se utiliza calor para impulsar las reacciones, que son endotérmicas. La mezcla gaseosa de monóxido de carbono (CO) y gas hidrógeno (H<sub>2</sub>) se llama normalmente gas de síntesis.

Una manera habitual de gasificar es quemar carbón de una manera fuertemente sub-estequiométrica bajo el suministro de vapor sobrecalentado. La combustión suministra calor y gases residuales de la combustión (CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O) al equipo. El carbón que no se quema, pero se sobrecalienta ahora reacciona con gases residuales y vapor suministrado. El carbón (C) reduce dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en monóxido de carbono (CO) y vapor de agua (H<sub>2</sub>O) en gas hidrógeno (H<sub>2</sub>). El calor que se utiliza reduce la temperatura y disminuye la reactividad. La reactividad para carbón depende en gran medida de la temperatura, mientras que el equilibrio para las reacciones depende de la temperatura. La combustión basada en gas oxígeno es actualmente el método dominante para combustión en combinación con gasificación incluso aunque exista combustión basada en aire.

El problema con la gasificación de carbón, productos de carbón residual, residuos de petróleo, residuos y residuos de biomasa es que no son un material homogéneo, sino más bien componentes con diferentes pesos (alquitrán) y se liberan componentes complicados (aromáticos) durante la reacción. Estos componentes no pueden reaccionar de una manera fiable, sino que deben separarse más bien posteriormente antes de que se pueda usar el gas de síntesis o más refinado en hidrocarburos líquidos u otros combustibles.

Estos componentes con diferentes pesos (alquitrán) y componentes complicados (aromáticos) se pueden separar por pirólisis de carbón, de productos residuales de carbón, de residuos de petróleo, residuos y biomasa antes de la reacción de gasificación. El producto de pirólisis obtenido ahora y que consta de productos y gases condensables se puede utilizar como combustible en el proceso de gasificación. En la gasificación descrita anteriormente, la reacción de pirólisis es una parte del proceso. No obstante, los componentes con diferentes pesos (alquitrán) y componentes complicados (aromáticos) están en el mismo reactor que el gas de síntesis que se desea del proceso. La consecuencia de esto es que el tratamiento de componentes con diferentes pesos (alquitrán) y componente complicados (aromáticos) se convierte en un factor limitador para la medida de la eficacia del proceso de gasificación sin que se planteen problemas físicos, tales como condensación, revestimiento y similares en el propio reactor.

Un aparato y un método para la reactivación de carbón activo se conocen previamente a partir del documento US 4.007.014. El aparato comprende un reactor de retorta y un reactor interior al que se suministra el carbón activado, de manera que el carbón activado suministrado es reactivado por que gas del reactor en forma de vapor se pone en contacto con carbón activado que pasa al reactor interior. Para que el gas del reactor puede llegar al reactor interior, el reactor está provisto con orificios en la superficie de la camisa, es decir, que tiene lugar un intercambio de gas entre el reactor de retorta y el reactor interior. Esto es bastante contrario a uno de los principios básicos de la presente invención.

Un método y equipo para la producción de gas de síntesis se conoce anteriormente a partir del documento SE 532711, en el que tiene lugar un calentamiento indirecto de un reactor a través de quemadores presentes en el reactor.

- 5 El documento US 6 669 822 muestra un método y aparato para producir coque por calentamiento indirecto de residuos sólidos en un reactor de coque posicionado dentro del gasificador de lecho fluidizado. Los gases de pirolisis producidos son alimentados entonces al gasificador y de esta manera contribuyen al calentamiento del reactor.

### Objetos y características de la invención

10 Un objeto principal de la presente invención es indicar un método y equipo, donde se pueden abordar los problemas con la purificación de gas de síntesis y los fenómenos de limitación física de acuerdo con lo anterior utilizando un reactor de gasificación calentado indirectamente.

15 La carburización simultánea de carbón durante la gasificación calentada indirectamente significa que se puede obtener calor para carburización a partir del reactor para el proceso de gasificación. Un reactor de calentamiento diseñado para la finalidad y con un flujo separado está dispuesto en el reactor de gasificación. El reactor de calentamiento para el carbón es calentado indirectamente por radiación dentro del reactor de gasificación. El carbón es alimentado a la parte superior de este reactor de calentamiento interior para ser tratado con calor hasta una temperatura alta en el reactor de gasificación antes de que el carbón, que es coquizado ahora, sea extraído en la parte inferior. Los gases avanzan hacia arriba a través del reactor y el carbón hacia abajo. El movimiento a contraflujo iguala la temperatura y las variaciones en la composición en el reactor. Los componentes más pesados como aromáticos se pueden triturar en moléculas más pequeñas en virtud de la temperatura alta en el reactor. Los gases combustibles desde la coquización son retornados y mezclados con los gases combustibles que emite la pirolisis de la biomasa. Todo el volumen de combustible-gas se puede utilizar para calentar el equipo de secado, pirolisis, coquización y gasificación. Si se produce algún exceso, se puede utilizar con ventaja para otros requerimientos de energía o similares.

25 Los objetos y características de la invención se realizan por un método y equipo que tienen las características de las siguientes reivindicaciones independientes. Formas de realización de la invención se definen en las reivindicaciones dependientes.

### Breve descripción de las figuras

35 Una forma de realización preferida de acuerdo con la invención se describe a continuación con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 muestra un diagrama de flujo para un método preferido de acuerdo con la presente invención, cuyo diagrama de flujo muestra unidades que forman un equipo para realizar el método.

40 **Descripción detallada de una forma de realización preferida de acuerdo con la invención**

La figura 1 muestra un número de unidades que forman el equipo para realizar el método. Las líneas, tubos, etc. que acoplan las unidades del equipo entre sí no se describen o muestran en detalle. Las líneas, tubos, etc. están formadas adecuadamente para realizar su función, es decir, para transportar los gases y sustancias sólidas entre las unidades del equipo.

La figura 1 muestra un reactor de gasificación 1 calentado indirectamente que es normalmente un reactor revestido cerámicamente. El reactor está formado de tal manera que puede gasificar y coquizar partículas de carbón C en dos flujos separados C<sub>1</sub> y C<sub>2</sub>. Por lo tanto, un reactor interior 4 para coquización fue introducido en el reactor de gasificación 1. Se suministran partículas sólidas de carbón parcialmente al reactor interior 4 a través del flujo C<sub>2</sub> y parcialmente al reactor de gasificación 1 a través del flujo C<sub>1</sub> junto con el gas de proceso P a través de una tobera de inyección 5. Las partículas de carbón C proceden de una pirolisis que precede a la gasificación. El tamaño de las partículas de carbón C en el flujo C<sub>1</sub> es con preferencia suficiente para que puedan ser transportadas por una corriente de gas de entrada con gas de proceso P en el reactor de gasificación 1. Las partículas de carbón para el reactor interior 4 son normalmente mayores que las del reactor de gasificación exterior 1. El gas de proceso P puede ser vapor o gas residual recuperado o purificado A desde la fase de combustión. La coquización en el reactor interior 4 reduce la cantidad de carbón en este flujo por que se forman gases combustibles similares a gas de pirolisis, pero con una composición que es controlada por la temperatura del reactor, que es ahora significativamente mayor. La subida de la temperatura de 300°C a 700°C para el carbón en el reactor interior 4 por encima de la temperatura en la pirolisis previa se espera que reduzca el componente de carbón sólido en 10 a 35 %.

Si el gas de proceso P es gas residual recuperado, puede contener vapor de agua (H<sub>2</sub>O) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). El gas de proceso PO es precalentado a partir del calor extraído desde el gas de síntesis S saliente en el

intercambiador de calor 2. La reacción que tiene lugar en el reactor de gasificación 1, cuando es flujo  $C_1$ , que se inyecta a través de la tobera de reacción 5, reduce el contenido en el gas de proceso P ( $H_2O$  y  $CO_2$ ) a gas de síntesis S ( $H_2$  y  $CO$ ), que consume el calor suministrado al proceso por los quemadores Br 1 a Br n. La reacción de coquización tiene lugar en paralelo en el reactor interior 4 suministrando calor desde el quemador Br 1 a Br n a través del proceso de gasificación en marcha.

El reactor de gasificación 1 se calienta indirectamente por los quemadores Br 1 Br n (donde n designa el número de quemadores necesarios para el reactor de gasificación 1). El reactor interior 4 se calienta de la misma manera indirecta por Br 1 a Br n. Se suministra calor a la reacción de gasificación por radiación desde Br 1 a Br n, donde la combustión tiene lugar dentro de tubos de radiación, es decir, separados del flujo de gasificación. No tiene lugar ningún intercambio directo de gas en el reactor de gasificación 1 entre Br 1 a Br n y el gas de proceso P o sus productos de reacción. El reactor interior 4 no tiene ningún intercambio de gas con el proceso de gasificación en marcha en el reactor de gasificación 1.

Los reactores Br 1 a Br n son suministrados con combustible F con preferencia desde una etapa de pirolisis anterior de un material que contiene carbón. Se suministra agente de oxidación O en forma de aire, aire enriquecido con gas oxígeno o gas oxígeno puro a la combustión. El intercambiador de calor 3 extrae el calor desde los gases residuales salientes A y precalienta el agente de oxidación entrante O. Gases residuales A pasan a la purificación de gas de la combustión, donde los requerimientos relativos a emisiones para el proceso se cumplen con ciclones, purificación catalítica, filtros (eléctricos o textiles) y depuradoras como se requiere por el material de entrada que contiene carbón.

El carbón C procede de una etapa de pirolisis anterior y contiene remanentes de ceniza. Controlando la temperatura en el reactor de gasificación 1 o bien hasta por debajo (o por encima) de la temperatura de fusión para la ceniza, se puede retirar con preferencia por un ciclón de alta temperatura siguiente =o en una forma de flujo tal como escoria).

El gas de síntesis saliente S se puede utilizar como gas de energía para procesos de combustión o como una base para refinamiento posterior en combustibles líquidos (Fischer Tropsch para combustibles de vehículos típicos, producción de etanol o similar).

La presión en el reactor de gasificación 1 puede ser controlada desde presión atmosférica hasta presiones mucho más altas ( $> 100$  bar (g)).

La temperatura en el reactor de gasificación 1 y el reactor interior 4 se controla para conseguir el mejor rendimiento de gas de síntesis S y coque PC. Un valor típico está dentro del intervalo de  $750 - 1300^\circ C$ .

Una ejecución alternativa del calentamiento indirecto del gas de proceso P y el carbón C se puede disponer en un sistema de tubo dentro de un reactor, donde la combustión tiene lugar en tal reactor y en este caso el sistema de tubo se convierte en el reactor de gasificación y el reactor interior 4. El diseño se puede considerar como un horno más que otra cosa, pero con una temperatura de diferente altura.

La geometría para el reactor de gasificación 1 es controlada a partir del requerimiento del tiempo de reacción en el proceso de gasificación, que está controlado, por su parte, por la temperatura seleccionada. La geometría para el reactor interior 4 está controlada a partir del flujo de masas de carbón hasta la coquización y el requerimiento de calentamiento y el tiempo de residencia para que el carbón se coquice a la temperatura seleccionada del reactor 1. La geometría puede ser simétrica rotatoria en una forma tubular, donde se puede conseguir un proceso de gasificación muy compacto hasta un diseño más voluminoso similar a un horno, y entonces sin el requerimiento de ser simétrico rotatorio. El tamaño de los reactores se puede diseñar desde una escala pequeña hasta una escala industrial muy grande.

El gas de síntesis S ( $H_2$  y  $CO$ ) desde el reactor de gasificación 1 contiene hasta 60 % de gas hidrógeno y el resto monóxido de carbono, dióxido de carbono o metano basado en la composición del gas de proceso entrante P.

El grado de eficiencia térmica de un reactor de gasificación calentado indirectamente con un reactor interior para la coquización de carbón se vuelve muy alta e incluyendo la etapa de pirolisis previa y el secado necesario, se puede conseguir hasta 80 % de eficiencia térmica para tal equipo integrado.

## REIVINDICACIONES

- 5 1.- Un método que utiliza el aparato de la reivindicación 5 para producir coque (PC) durante la gasificación calentada indirectamente, siendo efectuado el calentamiento indirecto por combustión dentro de los quemadores (Br 1 - Br n), en el método se suministran partículas de carbón a un reactor de gasificación (1) y ese gas de proceso (P) suministrado durante la gasificación se reduce en él en gas de síntesis (S), de manera que el gas de síntesis (S) se retira del reactor de gasificación (1), caracterizado por que al mismo tiempo tiene lugar una gasificación, tiene lugar una coquización de carbón en un reactor interior (4) dispuesto verticalmente dentro del reactor de gasificación (1), por que el reactor interior (4) es calentado indirectamente, por que durante la producción de coque (PC) y los gases combustibles en el reactor interior (4) el carbón avanza hacia abajo en el reactor interior (4) y los gases combustibles avanzan hacia arriba en el reactor interior (4), y por que los gases combustibles se utilizan para calentamiento para el calentamiento indirecto en la gasificación en el reactor de gasificación (1).
- 10
- 15 2.- El método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que el gas de proceso (P) es precalentado por intercambio de calor del gas de síntesis (S).
- 20 3.- El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la temperatura en el reactor de gasificación (1) y el reactor interior (4) está dentro del intervalo de 750° - 1300°.
- 25 4.- El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la temperatura en el reactor de gasificación (1) se puede controlar desde presión atmosférica hasta una presión por encima de 100 bares (g).
- 30 5.- Equipo para producir coque (PC) durante gasificación calentada indirectamente, en el que el equipo comprende un reactor de gasificación (1), quemadores (Br 1 - Br n) dispuestos en el reactor de gasificación (1), calentando dichos quemadores (Br 1 - Br n) indirectamente el reactor de gasificación (1), comprendiendo, además, dicho equipo una tobera de inyección (5) para suministrar partículas de carbón y gas de proceso al interior del reactor de gasificación (1), y por que un reactor interior (4) está dispuesto en el reactor de gasificación (1), caracterizado por que el reactor interior (4) está dispuesto verticalmente dentro del reactor de gasificación (1) para permitir que partículas de carbón avancen hacia abajo en el reactor interior (4) durante la coquización y gases combustibles avancen hacia arriba en el reactor interior (4), estando previstos medios para conducir gases combustibles durante la coquización desde el reactor interior (4) hasta los quemadores (Br 1-Br n).
- 35 6.- Equipo de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado por que el reactor interior (4) tiene un extremo de suministro para partículas de carbón localizado fuera del reactor de gasificación (1) y por que el reactor interior (4) tiene un extremo de descarga para el carbón coquizado localizado fuera del reactor de gasificación (1).
- 40 7.- El equipo de acuerdo con la reivindicación 5 ó 6, caracterizado por que comprende un primer intercambiador de calor (2) para calentar gas de proceso (P) y refrigerar gas de síntesis (S).
- 8.- El equipo de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado por que comprende un segundo intercambiador de calor (3) que extrae calor desde gases residuales desde la combustión en los quemadores (Br 1-Br n).

Fig. 1

