



REGISTRO DE LA  
PROPIEDAD INDUSTRIAL

ESPAÑA

⑪ N.º de publicación: **ES 2 005 742**

⑫ Número de solicitud: **8703716**

⑬ Int. Cl. 4: **C10B 49/04**

⑭

## PATENTE DE INVENCION

A6

⑮ Fecha de presentación: **23.12.87**

⑯ Titular/es: **Skf Steel Engineering AB**  
P.O. Box 202  
S-813 00 Hofors, SE

⑰ Fecha de anuncio de la concesión: **16.03.89**

⑱ Inventor/es: **Eriksson, Sven y**  
**Santén, Sven**

⑲ Fecha de publicación del folleto de patente:  
**16.03.89**

⑳ Agente: **Ungría Goiburu, Bernardo**

㉑ Título: **Un método para fabricar un gas adecuado para la producción de energía.**

㉒ Resumen

La presente invención se refiere a un método para fabricar un gas, adecuado para la producción de energía, a partir de carbón. El carbón se gasifica en contracorriente con un chorro de aire en un gasificador. A continuación, el gas generado se mezcla con un gas que contiene oxígeno, en tal proporción que el cociente  $CO_2/CO$  en el gas resultante es menor o igual que 0,1. Así se craquean las sustancias alquitranosas existentes en el gas. Seguidamente, el gas se introduce en una cuba de dolomita o cal para separar los compuestos sulfurados y cualquier sustancia alquitranosa residual y para gasificar las partículas de carbón acompañantes que no han sido gasificadas.

## DESCRIPCION

La presente invención se refiere a un método para fabricar un gas adecuado para la producción de energía. Este método consiste en gasificar carbón en contracorriente con aire, en una cuba, con objeto de generar un gas que tiene una temperatura de unos 500°C y, además, H<sub>2</sub>, CO y N<sub>2</sub>, compuestos sulfurados y sustancias alquitranosas. El gas formado se somete a varias operaciones para eliminar las sustancias alquitranosas antes de conducirlo a través de una cuba de dolomita o cal para eliminar los compuestos sulfurados.

El uso de carbón para la producción de energía ha tenido considerables impedimentos debido a importantes factores ambientales asociados a la combustión del carbón. El problema más grave es la generación de sustancias acidulantes como son los óxidos de azufre y de nitrógeno. Se ha intentado resolver hasta cierto punto el problema llevando a cabo una serie de etapas depuradoras, pero, además de ocasionar un considerable ascenso del coste de producción, con la tecnología convencional es extremadamente difícil, si no imposible, conseguir el grado de purificación que será exigido si el carbón es aceptado como un producto de partida importante para producir energía.

Estos problemas pueden resolverse gasificando primero el carbón y produciendo después energía por combustión del gas generado. Es relativamente fácil eliminar una alta proporción de azufre, más del 95 %, del gas de carbón y puesto que entonces lo que va a ser sometido a combustión es un combustible gaseoso, el proceso de la combustión podrá acondicionarse de tal modo que el óxido de nitrógeno formado sea considerablemente menor del que se obtiene al someter a combustión combustibles sólidos o líquidos. La gasificación también ofrece mejores soluciones a una serie de problemas ambientales de la combustión del carbón, como son la descarga de mercurio, hidrocarburos poliaromáticos, metales pesados y cenizas finas.

Recientemente, se han hecho grandes esfuerzos para desarrollar el método de gasificación de carbón para producir energía, pero en todos los casos los costes han sido demasiado elevados. La razón principal es el enorme consumo de gas de oxígeno, y los altos costes de inversión y el consumo relativamente alto de electricidad ocasionado en la producción de gas de oxígeno. Más aún, en la mayoría de los gasificadores de carbón, se quema, en el reactor de gasificación, entre un 10 y un 20 % del gas formado con el solo objeto de reunir los requisitos caloríficos exigidos para la gasificación y conseguir una temperatura de reacción favorable.

Existen otros métodos, que son sencillos y de bajo coste, para fabricar un gas adecuado para producir energía. Se trata de métodos de gasificación de carbón que utilizan aire y consumen un mínimo de carbón. El carbón, sustancialmente en forma bituminosa, se gasifica en contracorriente con un chorro de aire caliente en el horno de cuba. El gas formado tiene una temperatura de aproximadamente 500°C y, gracias a las bajas temperaturas, incluye cantidades razonables de sustancias alquitranosas y pequeñas cantidades de

carbón que no ha ardidido, en forma particulada.

En las solicitudes de patentes suecas 85 04 439-4 y 85 04 440-2, del mismo autor, se ha propuesto el craqueo térmico de los hidrocarburos existentes en un gas producido por gasificación de carbón. Esto se consigue utilizando un gas calentado por un generador de plasma. Después del craqueo parcial, el gas es conducido a través de un filtro de dolomita, del tipo utilizado en el método de WiberSöderfors. Durante el transporte a través del filtro, se consigue el craqueo completo de las sustancias alquitranosas restantes, así como la eliminación de azufre del gas. Un objeto de la invención es mejorar más aún la tecnología propuesta en las solicitudes de las patentes mencionadas anteriormente reduciendo además el consumo de electricidad.

El método de la presente invención se basa en la técnica establecida en el preámbulo de esta memoria y se caracteriza porque el gas que sale de la cuba se introduce en una cámara junto con un gas que contiene oxígeno para craquear, por lo menos parcialmente, las sustancias alquitranosas contenidas en el gas. La cantidad agregada de oxígeno se ajusta de modo que el cociente CO<sub>2</sub>/CO en el gas resultante sea menor o igual que 0,1. La temperatura de la cámara se mantiene entre 900 y 1200°C. El gas que sale de esta cámara se introduce en la cuba de dolomita o de cal para eliminar compuestos sulfurados y las sustancias alquitranosas que puedan quedar, así como para gasificar las partículas de carbón residuales.

Según una realización de la invención, hay que comunicar energía a la cámara de reacción para conseguir una temperatura favorable para el craqueo. Esto se puede hacer calentando previamente el gas de oxígeno antes de que entre en la cámara, pero lo más adecuado es suministrar parte de la energía como se acaba de indicar y el resto mediante combustión parcial de dicho gas en la cámara.

El gas de oxígeno es aire o aire enriquecido en oxígeno, preferiblemente.

La escala de temperaturas es esencial para que el craqueo no vaya acompañado de fusión y el cociente entre los gases es esencial para conseguir la eliminación del azufre y, por supuesto, para lograr la densidad de energía en el gas producido.

Con la siguiente descripción, se pondrán de manifiesto otras ventajas y características de la invención. Además se añade un ejemplo para ilustrarla.

La cuba de gasificación es del tipo generador de gas cuyo uso ha estado muy extendido, sobre todo en Inglaterra, durante la primera mitad del siglo XX. Estos generadores de gas eran alimentados enteramente por carbón bituminoso y producían un gas combustible con un contenido en alquitrán extremadamente alto. En nuestro diseño, el generador funciona por acción de un chorro de aire caliente y, por lo tanto, las cenizas de carbón se encuentran en estado fundido, como escoria líquida. Asimismo, esto permite que parte del carbón esté en forma de polvo si el balance calorífico alterado es compensado por la temperatura del chorro. La conversión de las cenizas de carbón en escoria ofrece un alto rendimiento de carbón debido a que quedarán cantidades insignificantes de carbón que no ha ardidido, en forma particulada.

nificantes en la escoria, el volumen de cenizas se reducirá considerablemente y las tasas de percolación serán bastante más bajas.

Otra ventaja de convertir las cenizas de carbón en escoria es que se puede añadir un formador de escorias para controlar la composición de las cenizas para fabricar productos de partida, por ejemplo, para cemento. Sin embargo, este tipo de gasificador tiene un inconveniente y es que no todos los tipos de carbón son adecuados para la gasificación en contracorriente con un incremento lento de la temperatura. Esto ocurre principalmente con carbón que se convierte al estado líquido al calentarlo o con carbón que "explosiona" en partículas pequeñas. Esto se solventa en parte inyectando el 70 % del carbón de partida en forma de finos, ya que las limitaciones mencionadas anteriormente no se aplican a este porcentaje.

El gas de la cuba del generador se mezcla con aire para conseguir el oxígeno necesario para el craqueo de las sustancias alquitranosas. Es conveniente calentar previamente el aire para evitar un contenido demasiado alto de CO<sub>2</sub> en el gas, que produciría malos efectos en la posterior eliminación de azufre del gas. No obstante, parte de la energía necesaria puede conseguirse con la combustión parcial en la cámara. El cociente de CO<sub>2</sub>/CO no deberá ser mayor que 0,1, para dar una indicación de la cantidad de CO<sub>2</sub> que puede permitirse en el gas.

La temperatura en el interior de la cámara deberá estar en la escala de 900-1200°C, preferiblemente unos 1100°C.

Siendo así, la operación de mezclado y el incremento de la temperatura tienen lugar en una etapa en una cámara de mezcla en conexión directa con la cuba desulfurante, en la que reside después el gas durante un tiempo suficiente para que ocurra el craqueo completo y la eliminación de azufre. El filtro de azufre es del tipo probado y ensayado, utilizado en el método de Wiber-Söderfors para eliminar azufre del gas de reducción. Las mediciones efectuadas en este método sobre gases comparables indican que el contenido de azufre en el gas descargado permanece estacionariamente a un nivel de 20-30 ppm, utilizando la dolomita enteramente a una profundidad de unos 6 mm si el gas permanece en la cuba unas 36 horas. La razón fundamental de que todo el ascenso de la temperatura del gas que penetra en el filtro no sea debido a la combustión parcial del gas es que, si así fuera, el gas adquiriría un mayor potencial de oxígeno, lo que perjudicaría a las condiciones para la eliminación del azufre. La gran ventaja de eliminar el azufre utilizando un agente en fase sólida (en lugar de una escoria, por ejemplo) es que la actividad de CaO se mantiene próxima a la unidad, ocasionando una eliminación más completa del azufre y un consumo más bajo del agente desulfurante.

El gas que sale de la cuba de gasificación, además de poseer sustancias alquitranosas, también contiene cantidades variables de partículas finas de carbón. Estas partículas también son capturadas en la cuba desulfurante y, como el gas es ligeramente oxidante (aproximadamente 5 % de CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O), serán gasificadas lentamente,

por lo que la dolomita prácticamente estará limpia de carbón cuando se saca. La combinación de las dos operaciones, es decir, la conversión de las cenizas en escoria y el craqueo en los filtros de dolomita produce un rendimiento de carbón de casi el 100 %.

El agente desulfurante contenido en el filtro es dolomita bruta que se quema en la parte superior de la cuba. Esto produce una adición de apenas el 1 % y reduce la temperatura del gas entre 50 y 75°C, de manera que deja el filtro a unos 1000°C. El gas purificado experimenta intercambio de calor con el chorro de aire entrante y sale de la planta gasificadora a unos 650°C. El gasificador está diseñado para funcionar en una escala de presiones de 0 a 3 bares de sobrepresión, dependiendo del uso que vaya a tener el gas.

El gas producido tiene un índice térmico de unos 4,6 MJ/m<sup>3</sup>N. La temperatura de la llama y la cantidad de explosión por unidad de energía son parecidas a los valores alcanzados con la combustión normal de aceite con aire. Por lo tanto, parece ser que el gas es muy adecuado para la producción de energía. Ejemplo

Se gasifica carbón en una cuba en contracorriente con un chorro de aire precalentado. El análisis del carbón indica la siguiente composición:

C	75,9 %
M	4,3 %
O	9,4 %
N	1,3 %
S	0,5 %
Cenizas	8,6 %
Humedad	4 %

El gas que sale de la cuba tiene una temperatura de 500°C y la siguiente composición:

C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	6,5 %	CO	30,0 %
CO <sub>2</sub>	1,8 %	N <sub>2</sub>	60,2 %
H <sub>2</sub> O	1,4 %	H <sub>2</sub> S	0,1 %

En términos estequiométricos, son necesarios 29,3 m<sup>3</sup>N de aire por 100 kg de carbón para craquear todo el hidrocarburo contenido en el gas a CO y H<sub>2</sub>.

La temperatura del gas que sale de la cuba de dolomita, después de haber pasado por la cámara de mezclado, es de unos 1000°C, y su composición es la siguiente:

CO <sub>2</sub>	0,3 %
H <sub>2</sub> O	0,1 %
H <sub>2</sub>	12,0 %
CO	32,0 %
N <sub>2</sub>	55,6 %

El equilibrio entre CaO + H<sub>2</sub>S y CaS + H<sub>2</sub>O gobierna la eliminación de azufre y, en el caso estequiométrico, se obtiene una razón H<sub>2</sub>O : H<sub>2</sub>S de 180, que produce una eliminación de azufre del 99 %.

Tratándose de una mezcla de gases dentro de la cámara mezcladora, que tiene una composición correspondiente al cociente

$$\frac{CO_2 + H_2O}{CO_2 + H_2O + CO + H_2} = 0,075$$

se necesitan 64,1 m<sup>3</sup>N de aire por 100 kg de carbón. El gas que sale del filtro de dolomita tiene una temperatura de unos 1100°C y la composición siguiente:

CO <sub>2</sub>	1,9 %
CO	28,4 %
H <sub>2</sub> O	1,6 %

H <sub>2</sub>	9,7 %
N	58,4 %
H <sub>2</sub> S	0,009 %

5

En este caso, el grado de eliminación de azufre es del 87,5 %.

En resumen, la patente de invención que se solicita deberá recaer sobre las siguientes:

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Un método para fabricar un gas adecuado para la producción de energía, que consiste en: gasificar carbón en contracorriente con aire en una cuba, con lo que se obtiene un gas que tiene una temperatura de unos 500°C y también H<sub>2</sub>, CO y N<sub>2</sub>, compuestos que contienen azufre y sustancias alquitranosas; someter dicho gas a sendas etapas de: primero, eliminación de las sustancias alquitranosas y, segundo, eliminación de los compuestos sulfurados, efectuando esta última en la cuba de dolomita o cal, donde la primera de estas etapas consiste en introducir el gas que sale de la cuba en una cámara, junto con un gas que contiene oxígeno, para craquear, al menos en parte, las sustancias alquitranosas contenidas en el gas, ajustando la cantidad añadida de oxígeno a un valor tal que el cociente CO<sub>2</sub>/CO en el gas re-

sultante no sea mayor que 0,1 y manteniendo la temperatura de la cámara entre 900 y 1200°C y, la segunda, en llevar el gas resultante a la cuba de dolomita o cal para eliminar los compuestos sulfurados y las sustancias alquitranosas que puedan quedar, y también para gasificar las partículas de carbón que pueda haber todavía.

2. Un método según la reivindicación 1, donde la energía se suministra calentando el gas que contiene oxígeno antes de introducirlo en la cámara.

3. Un método según la reivindicación 1, donde el gas oxigenado es aire o aire enriquecido en oxígeno.

4. Un método según la reivindicación 1, donde la energía se suministra en parte precalentando el gas oxigenado y en parte por combustión parcial en la cámara.

5. Un método para fabricar un gas adecuado para la producción de energía.

5  
10  
15  
20  
25  
30  
35  
40  
45  
50  
55  
60  
65