



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 312 957**

51 Int. Cl.:
C10B 53/02 (2006.01)
C10J 3/58 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04706698 .0**
96 Fecha de presentación : **30.01.2004**
97 Número de publicación de la solicitud: **1606370**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **21.12.2005**

54 Título: **Procedimiento para la producción de un gas de síntesis.**

30 Prioridad: **17.02.2003 FI 20030241**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.03.2009

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.03.2009

73 Titular/es: **Neste Oil Oyj**
Keilaranta 21
02150 Espoo, FI

72 Inventor/es: **Jokela, Pekka;**
Grönqvist, Johan y
Hiltunen, Jyrki

74 Agente: **Durán Moya, Carlos**

ES 2 312 957 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la producción de un gas de síntesis.

5 La presente invención se refiere a la producción de gas de síntesis. Más en particular, la invención se refiere a un método, según el preámbulo de la reivindicación 1, para la producción de gas de síntesis de buena calidad a partir de una materia prima sólida que contiene cenizas, tal como biomasa.

10 La presente invención también se refiere a un método para la producción de combustibles apropiados para el tráfico a partir de biomasa.

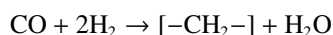
15 El gas de síntesis es una denominación general para las mezclas de gases que contienen principalmente hidrógeno y monóxido de carbono y son utilizadas como materia prima para diferentes procesos químicos, tales como las síntesis de amoníaco, metanol y Fischer-Tropsch, para la producción de hidrógeno y como combustible en la generación de energía.

20 En la actualidad, son conocidos en el sector diversos métodos de producción de gas de síntesis. Las técnicas comerciales de producción de gas de síntesis están basadas en el reformado con vapor de gas natural, en particular el metano del mismo, y la gasolina industrial, el reformado autotérmico de gas natural o hidrocarburos más pesados (con oxidación parcial y reformado con vapor en un reactor único), reformado con oxígeno luego del reformado con vapor (para producir amoníaco), oxidación parcial de hidrocarburos, coque o carbón vegetal (con gasificación de oxígeno) y reformado con dióxido de carbono.

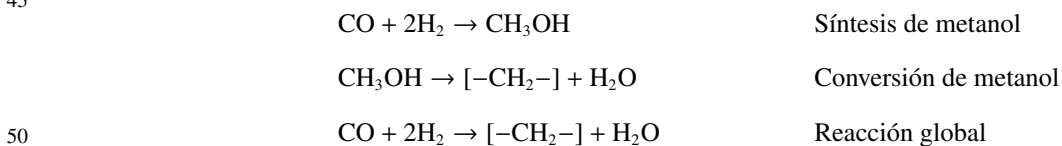
25 En el contexto de la presente invención, gas de síntesis de alta calidad se refiere a un gas adecuado para utilizar como materia prima en procesos químicos, tal como la producción de combustibles apropiados para el tráfico. En la actualidad, se han desarrollado hasta la fase comercial cuatro métodos de conversión de gas de síntesis en combustible apropiados para el tráfico (GTL, Gas a Líquido). Estas vías son:

1. Síntesis de Fischer-Tropsch;
- 30 2. mediante metanol, utilizando, por ejemplo, el proceso MTG-(Metanol a Gasolina) o MTO (Metanol a Olefina) de Mobil Corp.;
- 35 3. a partir de la producción de metanol puro en combustible (M100) o en un componente de combustible (M85); y
4. mediante metanol a producción oxigenada.

40 La fórmula de la reacción simplificada del proceso de Fischer-Tropsch es:



45 Respectivamente, los procesos de conversión de metanol pueden ser descritos mediante las fórmulas siguientes:



A pesar de que las reacciones son básicamente idénticas, estas avanzan a través de etapas intermedias diferentes.

55 De manera más general, el término GTL (Gas a Líquido) se refiere a procesos en los que el gas de síntesis es utilizado para producir productos líquidos o hidrógeno.

60 Las aplicaciones comerciales de la gasificación de biomasa están basadas en gasificadores de aire que producen gas de síntesis rico en nitrógeno que es utilizado en la generación de energía. Aunque el nitrógeno restante en el gas de síntesis disminuye el valor calorífico del gas, esto puede ser tolerado en aplicaciones que utilicen el gas como combustible.

65 La gasificación indirecta de la biomasa está en una fase de desarrollo. La distribución del sistema de gasificación indirecta que es utilizado de una manera más común comprende un gasificador y una cámara separada de combustión del carbón vegetal. La energía térmica requerida para las reacciones de gasificación es importada al gasificador mediante los sólidos inertes circulados desde la cámara de combustión de carbón vegetal. Generalmente, es utilizada arena como sólido circulante. Ceniza, arena y carbón vegetal son separados de la corriente de gas en la parte superior del gasificador y son pasadas a la cámara de combustión de carbón vegetal. En la cámara de combustión, el

ES 2 312 957 T3

carbón vegetal se quema junto con otro combustible mediante la inyección de aire. Dicho sistema se describe, por ejemplo, en la publicación de Patente US 4.828.581 y en la solicitud de Patente internacional WO 02/50214. En dichos documentos, la gasificación se lleva a cabo básicamente en un sistema de una sola fase, en la que un combustible sólido, tal como biomasa, se convierte en gas de síntesis en una sola unidad (gasificador). Sin embargo, sin un procesamiento posterior, la calidad del gas de síntesis obtenido a partir de este tipo de gasificador no cumple con los requisitos establecidos para un gas de síntesis de buena calidad.

En la solicitud de Patente internacional WO 00/06671 se describe un método de dos etapas en el que los gases de pirolisis se queman y el carbón vegetal se gasifica. En la publicación de Patente US 4.497.637 se describe un método de dos etapas en el que el carbón vegetal de pirolisis y el aceite de pirolisis se gasifican en presencia de vapor y oxígeno. En la publicación de Patente US 5.344.848 se describe un proceso de dos etapas en el que en la primera etapa se realiza una gasificación parcial de la biomasa a una temperatura de 800°C y una presión de 50 bar. La ceniza es separada, además, en la primera etapa. Posteriormente se lleva a cabo el proceso de gasificación de la segunda etapa con la ayuda de vapor a una presión de 30 bar y una temperatura de 1000°C. Como característica esencial de la presente invención, que se da a conocer en las reivindicaciones es que, además, una cantidad considerable de gas natural se alimenta a la zona de gasificación.

El método de una etapa que se da a conocer en la publicación de Patente US 4.678.860 funciona a una temperatura alta de 650-1100°C. Debido a la alta temperatura del proceso, el “gas de síntesis intermedio” mencionado en la publicación de Patente no sólo tiene un alto contenido de CO y H₂ sino que contiene una cantidad considerable de olefinas. En el método que se da a conocer en esta publicación de Patente, el “gas de síntesis intermedio” es llevado directamente a un proceso de liquefacción. Como la calidad del “gas de síntesis intermedio” descrito en esta publicación de Patente es baja, se pueden esperar problemas de procesamiento en el proceso de liquefacción. El documento US-A-4028068 describe residuos en forma de partículas carbonizadas a 300-600°C y el producto pasa a una etapa en la que es calentado en aire hasta 1000-1200°C. El polvo es separado entre las dos etapas. El documento US-A-4568362 describe la pirolisis de productos de lignocelulosa en presencia de partículas refractarias a 700-900°C. Después de un craqueo adicional, el producto se transporta con partículas sólidas hacia un reactor de combustión. Las partículas refractarias calentadas son retornadas a la pirolisis.

Las tecnologías convencionales se ven obstaculizadas por graves deficiencias. Para hacer que las proporciones de hidrógeno y monóxido de carbono sean lo suficientemente altas en el gas de síntesis, la temperatura de gasificación debe ser, como mínimo, de 800°C. Sin embargo, un gas producto obtenido a tan baja temperatura puede ser solamente utilizado directamente en aplicaciones de combustible que toleran alquitrán e hidrocarburos ligeros en el gas. En este contexto, alquitrán significa compuestos más pesados que el benceno, es decir, compuestos que tienen un peso molecular superior a 78 g/mol. En otros procesos de combustión diferentes a la gasificación, la temperatura de gasificación debe estar preferiblemente por encima de 1000°C para evitar una cantidad excesivamente alta de compuestos de alquitrán e hidrocarburos ligeros en el gas producto.

En la gasificación indirecta de la biomasa, la energía térmica es típicamente aportada de la combustión del proceso de gasificación con la ayuda de arena circulante. En este caso, la temperatura de la cámara de combustión necesita estar, como mínimo, 100°C más alta que la temperatura del reactor para evitar una velocidad de circulación excesiva de la arena. Como la temperatura de combustión tiene que ser alta, existe el riesgo de alcanzar un nivel de temperatura en el que la ceniza de muchos tipos de biomasa utilizadas como combustible está en estado fundido. Obviamente, el proceso tecnológico requerido para tratar este problema resulta extremadamente complicado.

Es un objetivo de la presente invención dar a conocer un enfoque totalmente nuevo para la producción de un gas de síntesis de alta calidad.

El objetivo de la presente invención está dirigido a la conversión de una materia prima sólida que contiene cenizas, tal como biomasa, en un gas de síntesis de alta calidad de manera que puede ser utilizado como materia prima en los procesos de producción de combustibles apropiados para el tráfico. Según la presente invención, la materia prima que contiene biomasa es pirolizada a fin de obtener gas de pirolisis y carbón vegetal vegetal. La ceniza y los sólidos son separados del gas de pirolisis. El gas de pirolisis libre de cenizas y libre de sólidos es gasificado posteriormente en un gas de síntesis y el carbón vegetal es quemado.

Más específicamente, el método según la presente invención se caracteriza por lo que se indica en la reivindicación 1 adjunta.

La presente invención ofrece ventajas significativas. Gas de síntesis de alta calidad puede ser producido en virtud de la presente invención.

Muchas materias primas tipo biomasa, tales como residuos municipales y residuos de la agricultura, tienen un alto contenido de cenizas. El tratamiento de la ceniza en un proceso de generación de gas de síntesis, particularmente si la ceniza está fundida es problemático. Sin embargo, el contenido de la materia prima no causa ningún problema en la realización de la presente invención, porque la eliminación de cenizas y la combustión del carbón vegetal se lleva a cabo a una temperatura tan baja que la ceniza no puede fundirse. La combustión puede ser llevada a cabo a una baja temperatura en la medida en que también la pirolisis se lleva a cabo a una baja temperatura de alrededor de 450-

ES 2 312 957 T3

550°C. De esta manera, gas de síntesis de alta calidad puede ser producido, además, a partir de materia prima con alto contenido de cenizas sin el problema técnico de proceso causado generalmente por la fusión de la ceniza.

En la presente invención la pirolisis se realiza a una baja temperatura de alrededor de 500°C, también la combustión del carbón vegetal puede realizarse a una temperatura relativamente baja por debajo de 800°C, de manera ventajosa a una temperatura de alrededor de 700-750°C. Por lo tanto, esto supera los problemas del fundido de la ceniza, la formación de escoria en el lecho y, además, no requiere que la cámara de combustión de carbón vegetal tenga un revestimiento refractario.

En un proceso convencional de pirolisis de aceite, el contenido de humedad de la materia prima tiene que ser bajo, menos del 10%, porque de lo contrario la humedad degradará sustancialmente las cualidades del producto. Sin embargo, el secado eficaz de la materia prima consume energía y crea riesgo de incendio. Por lo tanto, tiene que asegurarse en el sistema la protección contra incendios con un alto costo de capital que implica mediciones, chorros de nitrógeno, automatización y control. En una realización de la presente invención adecuada para la generación de gas de pirolisis, la humedad contenida en la materia prima no causa problemas en el proceso, por lo que el requerimiento de bajo contenido de humedad en la materia prima se obvia. Esta ventaja se consigue por medio de hacer pasar al gas de pirolisis a un posterior proceso de gasificación en el que el vapor se necesita de todas maneras.

La tecnología anterior ha estado obstaculizada por los componentes similares al alquitrán, en particular por la condensación de los mismos durante el proceso. En una realización de la presente invención, la temperatura de los gases de pirolisis entre las etapas del pirolizador y el gasificador, así como durante la misma gasificación, puede mantenerse alta en la medida en que el riesgo de fusión de los sólidos es eliminado. Esto es debido a que los sólidos son sustancialmente separados completamente de los gases de pirolisis en un separador más abajo del pirolizador. Debido a la alta temperatura de gasificación, los componentes de alquitrán no causan problemas en este proceso.

La presente invención tiene realizaciones capaces de realizar una separación efectiva de la ceniza y otros sólidos de los gases de pirolisis.

Para producir gas de síntesis de alta calidad, es necesario frecuentemente utilizar un catalizador en la etapa de gasificación. Sin embargo, los sólidos que transportan los gases de pirolisis previenen el uso de un catalizador. Ahora, la presente invención ofrece realizaciones capaces de paliar este problema por medio de tener sólidos, en particular ceniza de la combustión del carbón vegetal, sustancialmente ya eliminada completamente en la etapa de pirolisis. De manera ventajosa, después de la separación de los sólidos, los gases de pirolisis contienen sólidos por debajo de 0,1% en peso.

Los sólidos son ya eliminados en la etapa de pirolisis, las condiciones del gasificador son favorables para el catalizador utilizado en la etapa de gasificación. Según una realización preferente de la presente invención, el catalizador está en forma de monolito.

Según una realización de la presente invención, la gasificación puede llevarse a cabo en un gasificador que comprende simplemente una única tubería resistente al calor con un revestimiento refractario y un monolito. La gasificación se consigue mediante la alimentación de oxígeno adicional al gasificador.

A continuación, la invención es examinada en más detalle con la ayuda del dibujo anexo, en el que

la figura 1 muestra la disposición general del proceso de una realización de la presente invención adecuada para producir gas de síntesis de buena calidad a partir de materia prima sólida.

En referencia a la figura 1, que ilustra una realización a modo de ejemplo, la materia prima sólida (1) es triturada en un triturador (2) en piezas suficientemente pequeñas. La materia prima triturada (3) es transportada a un secador (4) en el que la materia prima es secada con la ayuda de gases de combustión o vapor hasta un contenido de humedad de -15-25%.

La materia prima seca (5) es llevada a un pirolizador (6) en el que es fluidizada con arena (8), pasada desde la cámara de combustión de carbón vegetal (16). Cuando las partículas de materia prima viajan por el canal vertical del pirolizador, se calienta y a través del cuál los compuestos volátiles dejan la partícula y el flujo de gas hace llegar la partícula a un separador de sólidos (9). El separador es preferiblemente un ciclón de dos etapas ensamblado de manera que, como mínimo, la última etapa sea un ciclón multipuerto. La arena y el carbón vegetal remanente pasan a través de un canal (7) a la cámara de combustión de carbón vegetal (16).

Según una realización de la presente invención, el separador de sólidos es un ciclón ensamblado que comprende uno o más ciclones conectados en paralelo o en serie el uno con el otro. De manera ventajosa, como mínimo, se incluye un ciclón multipuerto en el ciclón ensamblado. Mientras que la separación de partículas finas del aire o de un flujo de gas, algunas partículas que son realmente muy ligeras, es difícil en un ciclón de puerto único, un ciclón multipuerto puede llevara a cabo esta tarea.

La temperatura de funcionamiento del pirolizador es 450-550°C, preferentemente alrededor de 500°C. La cámara de combustión de carbón vegetal funciona a una temperatura de 600-800°C, preferentemente alrededor de 750°C. La

temperatura de funcionamiento de la cámara de combustión es ajustada de manera ventajosa de tal manera que la ceniza de los residuos de la pirolisis no se funda. La unidad que comprende el pirolizador y la cámara de combustión puede hacerse funcionar a una presión cercana a la presión atmosférica o, de manera alternativa, la unidad puede ser presurizada si se considera ventajoso por razones económicas impuestas por los procesos posteriores.

5

Según una realización preferente de la presente invención, el pirolizador puede ser implementado en la forma descrita en la solicitud de Patente FI 20010781.

10

Los gases de la pirolisis (21) son llevados a un gasificador (23) en el que también se suministra energía externa para elevar la temperatura del gas a, como mínimo, 800°C. La energía adicional puede ser generada internamente mediante la oxidación de una parte de los gases de la pirolisis con oxígeno extra inyectado al gasificador. De manera alternativa, la energía externa puede ser suministrada a través de la pared del gasificador o utilizando un medio, tal como arena circulante como material de transferencia de calor. La energía externa es extraída de los gases de combustión o del proceso de combustión.

15

Puede ser utilizado un catalizador en el gasificador para llevar las reacciones que ocurren en él cerca del equilibrio químico o, de manera alternativa, la inyección de oxígeno puede ser utilizada para elevar la temperatura de la composición gaseosa en la que los componentes de alquitrán y los hidrocarburos más pesados que el metano prácticamente no existen.

20

En el proceso de la realización del ejemplo, se evita que la temperatura de los gases de pirolisis caiga por debajo de 500°C, en la que no puede ocurrir la condensación de los componentes de alquitrán de los gases de la pirolisis.

25

Según una realización preferente, el gasificador (23) comprende simplemente un recipiente tubular con un revestimiento refractario y un monolito. Es inyectado oxígeno al gasificador para elevar la temperatura de reacción hasta un nivel deseado.

30

El gas de síntesis (25) es llevado del gasificador hasta el tratamiento del gas (26), que incluye la recuperación de calor y una purificación adicional del gas, donde el gas es pasado posteriormente a la producción de hidrógeno o síntesis GTL (Gas a Líquido).

35

La presente invención también cubre una realización, en la que el tratamiento del gas incluye la recuperación de calor, filtración, lavado y, dependiendo del uso que se pretende dar al gas de síntesis, eliminación de los componentes no deseados, tales como compuestos de azufre y dióxido de carbono. La realización puede también incluir compresión del gas de síntesis si los niveles de presión de las etapas del proceso de gasificación y GTL son diferentes.

40

El carbón vegetal y la arena recibidas de la unidad de separación del pirolizador son fluidizados mediante aire (14) en el canal vertical de la cámara de combustión de carbón vegetal (16). Allí, el carbón vegetal es quemado y simultáneamente calienta la arena que se hace circular en él. Cuando es necesaria energía adicional (15) se importa como combustible extra o calor. La arena calentada se elimina en el separador (10) y regresa a través del conducto (8) al pirolizador (6). De manera ventajosa, el separador es un ciclón multipuerto. Los gases de la combustión (17) se pasan a un separador externo que también, de manera ventajosa, es un ciclón multipuerto.

45

En una realización preferente de la presente invención, la biomasa se piroliza a baja temperatura y la ceniza es separada de ella antes de la gasificación a gas de síntesis. La gasificación se lleva a cabo a alta temperatura. Los componentes de la fase gaseosa del producto dejan el pirolizador a una temperatura de alrededor de 500°C y son pasados al gasificador, en el que los gases de la pirolisis son refinados a gas de síntesis mediante la gasificación directa. El proceso de refinación se lleva a cabo con la ayuda del vapor transportado con la corriente gaseosa y el oxígeno de los componentes de la materia prima. La temperatura es elevada hasta 800-1500°C mediante la inyección de oxígeno al gasificador.

50

55

En una realización de la invención, la ceniza y el carbón vegetal son separados de los gases de la pirolisis a una temperatura de alrededor de 500°C. El carbón vegetal que comprende coque y ceniza es quemado en una cámara de combustión separada, en la que el calor liberado en la misma es circulado con los sólidos calientes del lecho del proceso de pirolisis.

60

En ciertas realizaciones de la invención, la calidad del gas de síntesis puede ser mejorada mediante el uso de un catalizador adecuado en el gasificador. Con la ayuda de la elevada temperatura y el monolito, los gases de la pirolisis producidos por el pirolizador pueden ser refinados a componentes de la materia prima, hidrógeno y óxidos de carbono que pueden ser utilizados como materia prima en procesos GTL.

65

En una realización alternativa de la presente invención, la importación de energía externa a la etapa de gasificación ocurre de manera indirecta en lugar de utilizar la inyección directa de oxígeno al gas. En este caso, externamente a la cámara de gasificación se quema gas natural u otro gas combustible, de manera ventajosa un producto de gas eliminado de un proceso GTL (llamado gas residual ("tailgas")) y/o gases de un pirolizador en la misma forma que en reactores reformados por vapor.

ES 2 312 957 T3

En la producción de aceite de pirolisis, la materia prima de biomasa tiene que ser triturada en partículas muy pequeñas, típicamente menores de 8 mm, para maximizar el rendimiento del producto. Cuando los gases de la pirolisis son producidos para gasificación; el consumo de energía es mayor y, por lo tanto, no es necesario maximizar la cantidad de gas producido, en el que también la materia prima puede ser introducida con un tamaño de partícula mayor. La posibilidad de utilizar partículas mayores reduce drásticamente los costos de inversión de capital y de funcionamiento de la trituración de la materia prima. Si los gases de la pirolisis son usados en gasificación, el tamaño de partícula puede estar cerca del tamaño del combustible triturado combustionado en una caldera BFB o CFB y, por lo tanto, la trituración de la materia prima puede ser realizada utilizando construcciones de trituradores convencionales.

En la pirolisis de materia prima húmeda, el consumo de energía de la cámara de combustión de carbón vegetal es sustancialmente mayor que en los procesos de pirolisis que están destinados a producir un combustible de pirolisis. En el caso que el contenido calorífico del carbón vegetal solo sea insuficiente, el consumo de energía tiene que ser disminuido mediante la reducción del contenido de humedad de la materia prima que entra a la pirolisis, tanto como pueda ser obtenido mediante medios prácticos.

Una manera simple de suministrar a la cámara de combustión con la energía extra necesaria (complementando la energía liberada de la combustión del carbón vegetal) es dejar una parte de la materia prima sin pirolizar y llevarla junto con el carbón vegetal a la cámara de combustión. Esto puede lograrse mediante la utilización de partículas de la materia prima de mayor tamaño. La cantidad de líquido de pirolisis no necesita ser maximizada en la medida en que el proceso produce gas de la pirolisis. En otras palabras, el balance de energía del proceso puede ser igualado seleccionando un tamaño de partícula adecuado y el tiempo de retención de la materia prima en el pirolizador.

En una realización de la presente invención, el tamaño de partícula de la materia prima puede incluso ser tan grande que la velocidad terminal de la partícula es mayor que la velocidad de fluidización utilizada en el pirolizador, porque la suspensión formada mediante los sólidos fluidizados “transporta” partículas grandes en el gasificador. Esta realización facilita una construcción simple del pirolizador y el procesamiento de partículas de la materia prima más grandes en el pirolizador. La energía extra necesaria en el pirolizador de carbón vegetal es generada simplemente mediante la combustión de una parte de la materia prima que se dejó sin pirolizar. Típicamente, la pirolisis de partículas de materia prima grandes ha sido posible solamente mediante la extensión del tiempo de retención en el pirolizador que puede llevar a un concepto de sistema muy complicado.

Otra manera de aportar energía extra necesaria para la cámara de combustión es complementar la combustión del carbón vegetal en dicha cámara de combustión llevando corrientes laterales de combustible, ya sea gaseoso o líquido, que son obtenidas de un proceso GTL que funciona corriente abajo del gasificador. De manera ventajosa, la corriente lateral de combustible es gas de síntesis (llamado gas residual) que permanece sin reaccionar en el proceso GTL. Esta realización puede también ser utilizada en la gasificación indirecta convencional.

En una planta diseñada para producir combustibles líquidos apropiados para el tráfico a partir de gas de síntesis obtenido a través de la gasificación de materia prima en base a biomasa, se forman diferentes tipos de corrientes de producto y corrientes laterales, ya sean gaseosas o líquidas, de tal manera que no pueden ser utilizadas en la producción de combustible líquido. Sin lugar a dudas, la más importante de ellas es la parte de gas de síntesis (llamado gas residual) que permanece sin reaccionar en la síntesis del combustible líquido. Convencionalmente, esta corriente gaseosa cuyo contenido energético, en dependencia de la configuración de la planta y de la política de funcionamiento, puede representar alrededor del 20-40% del contenido total de energía de la materia prima que entra a la planta de producción de combustible líquido, ha sido objeto de generación de electricidad mediante una planta de turbina de gas. Por lo tanto, la planta de producción de combustible líquido tiene que estar necesariamente integrada a una planta de generación de energía. Para una generación balanceada de energía, la planta de generación de energía generalmente tiene que ser construida para que pueda funcionar con combustible suplementario (que complemente la combustión de las corrientes de la planta de producción de combustible líquido). Este requisito incrementa sustancialmente el costo de inversión de capital de la planta de producción de combustible líquido.

La presente invención tiene una realización adicional en la que el producto gaseoso y líquido y las corrientes residuales de la planta de producción de combustible líquido se circulan para llevar energía adicional a la generación de gas de síntesis. Por lo tanto, las corrientes de producto y residuales pueden ser utilizadas para aportar energía adicional a la etapa de gasificación. Las corrientes producto/residuo se hacen pasar por el pirolizador y posiblemente también por la cámara de combustión de la unidad gasificadora. El contenido energético de la parte que no ha reaccionado del gas de síntesis puede ser tan alto que no se necesite aportar energía extra a la cámara de combustión. Como mínimo, la circulación del gas de síntesis que no ha reaccionado reduce la necesidad de aportar energía externa. Sin embargo, la cámara de combustión tiene que estar provista de la facilidad para la combustión de combustible suplementario en el arranque o en situaciones de interrupción.

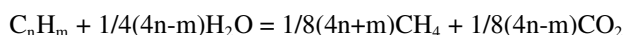
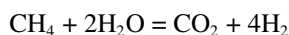
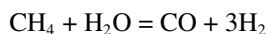
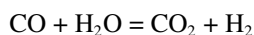
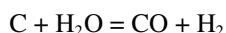
Esta realización también incluye la posibilidad de hacer circular a la cámara de combustión diferentes tipos de corrientes laterales líquidas de la planta de producción de combustible, tales como corrientes de producto impuro, soluciones de lavado y corrientes laterales gaseosas. Entre las corrientes gaseosas residuales, son típicas las corrientes de descarga de gases ácidos (H_2S , CO_2 , etc.) de la unidad de lavado.

La presente invención también se refiere a una realización en la que las corrientes gaseosas de las etapas del proceso (situadas) más abajo del gasificador puede hacerse circular a una combinación de pirolizador-gasificador. Esta

ES 2 312 957 T3

realización puede también ser aplicada a la gasificación indirecta convencional.

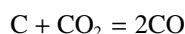
En la gasificación de vapor, el vapor reacciona con la materia prima y los componentes gaseosos formados en la gasificación. Algunas de las reacciones de gasificación pueden ser descritas mediante las siguientes reacciones:



La cantidad de vapor reaccionante tiene un gran efecto sobre el grado de conversión del carbono y la composición del gas producto. El contenido de humedad del combustible y la cantidad de vapor adicional alimentada al gasificador determinan la cantidad de vapor en el gasificador. En la gasificación de vapor indirecta convencional, el material del lecho y el combustible son transportados a la parte superior del gasificador con la ayuda de la corriente de vapor. Aquí, la velocidad de flujo másico mínima de vapor se determina mediante la capacidad de transporte de la corriente de vapor, el material del lecho y la materia prima. Por lo tanto, la cantidad de vapor adicional no puede ser utilizada libremente como una variable de control. Debido a las restricciones técnicas impuestas a las construcciones de los secadores, el contenido de humedad de la materia prima no puede ser utilizado como una variable de control.

Reemplazando el vapor puro utilizado en el pirolizador como gas transportador del material del lecho y la materia prima, por una mezcla de vapor y gas de síntesis parcialmente purificado/enfriado, puede ser utilizada la cantidad de vapor adicional como variable de control. La velocidad de flujo másico mínima de vapor adicional se reduce cuando tanto el vapor como el gas de síntesis circulado funcionan como gas de fluidización (gas transportador) del material del lecho y el combustible. La circulación del gas de síntesis permite que la velocidad de flujo másico de inyección de vapor sea ajustada en una escala de 0-100%. La señal de retroalimentación para el control de la velocidad de circulación del vapor y el gas de síntesis puede ser tomada, por ejemplo, de un sistema de medición en tiempo real de la composición del gas de síntesis.

Adicionalmente al gas de síntesis parcialmente purificado y enfriado, el gasificador puede estar adaptado para recibir, además, otras corrientes gaseosas que son obtenidas de las unidades de purificación de gas situadas más abajo del gasificador. Dicha corriente de gas puede ser, por ejemplo, dióxido de carbono separado del gas de síntesis que, además de lo discutido anteriormente, reacciona con la materia prima como sigue:



Otras corrientes gaseosas pueden ser, por ejemplo, la parte que no ha reaccionado del gas de síntesis (llamado gas residual) de la etapa de síntesis y corrientes laterales similares.

Para la producción de componentes combustibles (por ejemplo, metanol, etanol, hidrocarburos Fischer-Tropsch) indicados para ser utilizados en biocombustibles apropiados para el tráfico, la mejor materia prima es gas de síntesis en la que la proporción hidrógeno/monóxido de carbono (proporción H_2/CO) esté sólo ligeramente por encima de la proporción estequiométrica. Si la etapa de gasificación no incluye un número suficiente de variables de control que puedan ser ajustadas para lograr la composición del gas producto (y por lo tanto la proporción H_2/CO), es obvio que variaciones en el tipo y calidad de la materia prima, el contenido de humedad de la materia prima y el funcionamiento inestable del secador que antecede al gasificador resultan en fluctuaciones del proceso que influenciarán directamente la composición del gas producto.

En la realización de la presente invención, las variaciones antes mencionadas en la composición del gas producto pueden igualarse. Cuando el gas producto circulado y/u otras corrientes gaseosas, tales como el dióxido de carbono separado del gas producto, son utilizados parcialmente como gas transportador, el control del proceso puede ser logrado con la ayuda de vapor adicional. Por lo tanto, la composición del gas producto puede ser dirigida hacia una dirección de un menor o mayor contenido de hidrógeno mediante el ajuste de la cantidad de vapor añadido. Además, el uso de gases circulantes da una mayor libertad en la selección del material del lecho.

REIVINDICACIONES

5 1. Método para producir gas de síntesis a partir de biomasa como materia prima en un aparato pirolizador-gasificador, **caracterizado** por la

- trituración y secado de la biomasa materia prima,
- 10 - alimentación de la biomasa triturada y seca al pirolizador, en el que, bajo una atmósfera sustancialmente libre de oxígeno, en contacto con materia inorgánica en forma de partículas de arena y a una temperatura de funcionamiento de pirolisis de 450 - 550°C, se forman gas de pirolisis y carbón vegetal sólido,
- separación de los gases de pirolisis del carbón vegetal en un separador de sólidos,
- 15 - alimentación de los gases de pirolisis esencialmente libres de sólidos y esencialmente libres de cenizas al gasificador, en el que se suministra calor adicional para formar gas de síntesis, teniendo el gasificador una temperatura de funcionamiento de 800 - 1500°C, y
- 20 - pasar el carbón vegetal que contiene carbono y la ceniza a una cámara de combustión y hacer quemar el carbón vegetal en la misma a una temperatura por debajo de 800°C para calentar la materia inorgánica en forma de partículas.

25 2. Método, según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la pirolisis se lleva a cabo en un aparato combinado que comprende, como mínimo, 2 reactores de circulación de sólidos, en los que ocurre la pirolisis en el primer reactor y la regeneración y el calentamiento del material inorgánico circulante, así como la combustión del carbón vegetal se lleva a cabo en el segundo reactor.

3. Método, según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque la temperatura de combustión del carbón vegetal es preferentemente 700 - 750°C.

30 4. Método, según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 3, **caracterizado** porque la temperatura de funcionamiento del pirolizador es preferentemente 475 - 525°C.

35 5. Método, según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 4, **caracterizado** porque se introduce oxígeno adicional al gasificador de 0 - 50% de la cantidad de gas de pirolisis para de esta manera lograr la elevación de la temperatura del gasificador y la oxidación del gas.

40 6. Método, según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 5, **caracterizado** porque la temperatura del gasificador es aumentada con la ayuda de energía externa mediante la importación de energía extra al gasificador a través de su pared.

7. Método, según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 6, **caracterizado** porque antes de que la biomasa sea pasada al proceso de pirolisis, la biomasa materia prima es secada hasta un contenido de humedad de 15 - 25% en peso.

45 8. Método, según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 7, **caracterizado** porque el gas de pirolisis contiene preferentemente menos de 0,1% en peso de sólidos.

9. Método, según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 8, **caracterizado** porque el gasificador comprende un recipiente tubular con un revestimiento refractario.

50 10. Método, según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 9, **caracterizado** porque el gasificador comprende un catalizador preferentemente en forma de monolito.

55 11. Método, según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 10, **caracterizado** porque es importado vapor al gasificador para modificar la composición del gas de síntesis.

12. Método, según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 11, **caracterizado** porque es importado vapor al gasificador solamente a través de la corriente del gas de pirolisis.

60 13. Método, según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 12, **caracterizado** porque es importado calor adicional al gasificador mediante la circulación de corrientes de producto gaseosas y líquidas y corrientes laterales de las últimas etapas del procesamiento del gas.

65 14. Método, según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 13, **caracterizado** porque se logra la fluidización en la etapa del pirolizador con la ayuda de vapor, gas producto circulado, otras corrientes de gas, tales como el dióxido de carbono separado del gas producto o mezclas de las especies gaseosas antes mencionadas.

ES 2 312 957 T3

15. Método, según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 14, **caracterizado** porque es pirolizada de 20 - 100% de la materia prima.

5 16. Método, según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 15, **caracterizado** porque los gases de pirolisis son separados en una unidad separadora formada por un ciclón ensamblado que comprende, como mínimo, un ciclón multipuerto.

10 17. Método, según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 16, **caracterizado** porque el gas de síntesis se pasa a una etapa de tratamiento gaseoso que de manera ventajosa es síntesis GTL o producción de hidrógeno.

18. Método para producir combustible apropiados para el tráfico, **caracterizado** porque el gas de síntesis producido según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 16 se pasa a una etapa de síntesis GTL adecuada para la producción de gasóleo o metanol.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

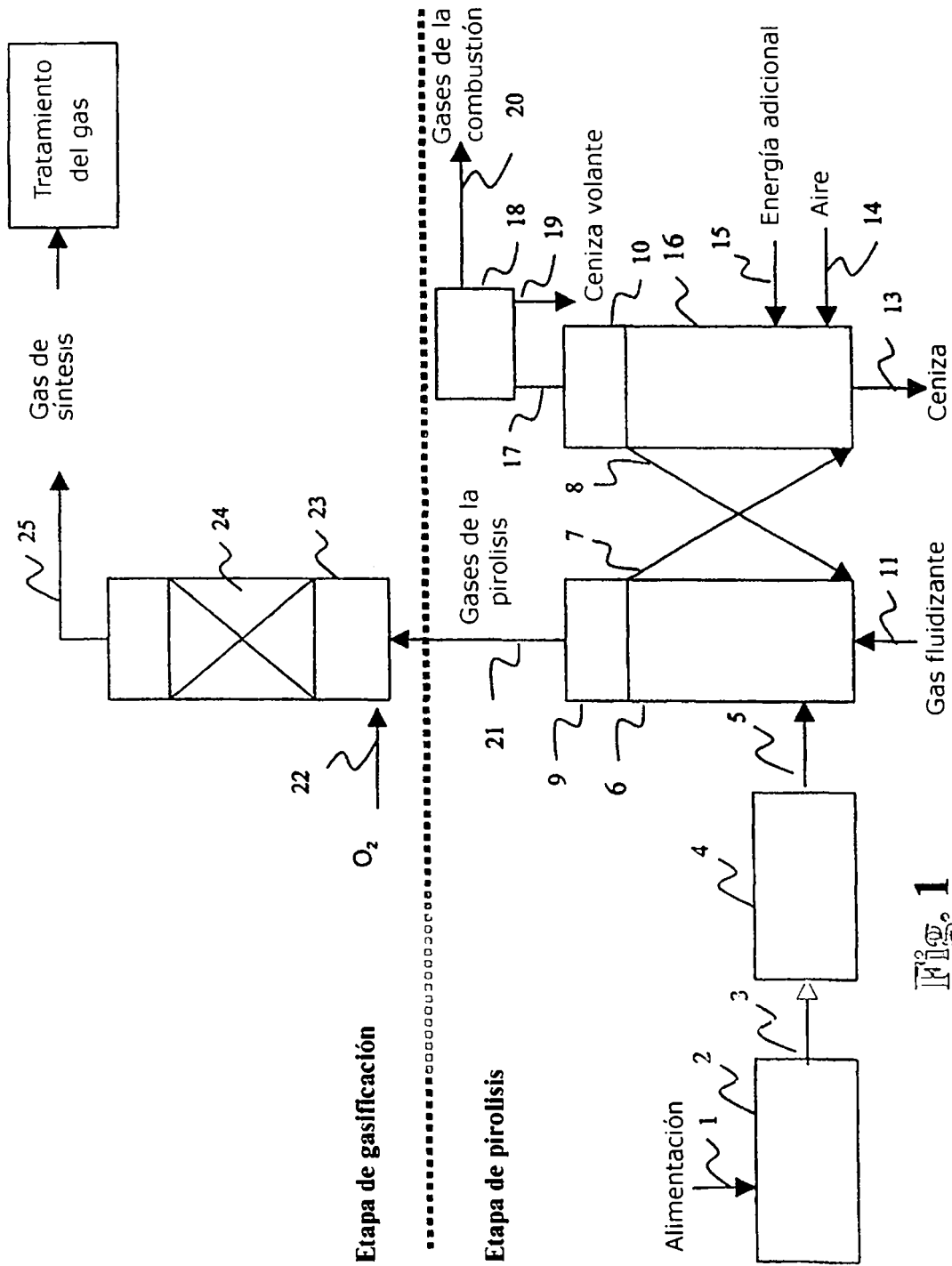


Fig. 1