

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 441 543**

51 Int. Cl.:

C10J 3/06 (2006.01)
C10J 3/72 (2006.01)
C10J 3/00 (2006.01)
C10J 3/20 (2006.01)
C10K 3/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.01.2006 E 06704095 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.10.2013 EP 1877520**

54 Título: **Método para el reformado con vapor de material carbonoso**

30 Prioridad:

18.01.2005 US 644601 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.02.2014

73 Titular/es:

**ELEMENTA GROUP, INC. (100.0%)
509 Glendale Avenue E., Suite 302
Niagara-on-the-Lake, ON L0S 1J0, CA**

72 Inventor/es:

**ZWIERSCHKE, JAYSON y
DUECK, ERNEST GEORGE**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 441 543 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

Método para el reformado con vapor de material carbonoso

5 Campo de la invención

Esta invención se refiere generalmente a la tecnología de reformado con vapor.

Antecedentes de la invención

10

Se conocen procedimientos de reformado con vapor y se usan para convertir diversas clases de materiales carbonosos en productos básicos útiles. El término material carbonoso ("MC") tal como se usa en el presente documento incluye cualquier material carbonoso, incluyendo: desechos sólidos municipales ("DSM"); desechos industriales, comerciales e institucionales ("DICI"); desechos médicos; carbón; desechos de carbón; desechos de madera; serrín; desechos de productos forestales; desechos agrícolas; aguas negras; desechos líquidos; desechos peligrosos; desechos de aceites y subproductos de aceites; desechos electrónicos y otras sustancias carbonosas similares; también están incluidos materiales de oportunidad tales como cenizas de incineración y/o de combustión, que pueden usarse con el fin de lograr oportunidades de mejora de conversión en plantas de incineración existentes.

15

20

En el procedimiento de reformado con vapor, el material carbonoso se coloca en un horno de reformado con vapor, que comprende habitualmente un tambor u horno que puede girar. Normalmente, el MC incluye un nivel sustancial de humedad. El tambor se hace girar para agitar el MC húmedo, mientras está calentándose. Normalmente se suministra calor mediante quemadores de gas natural, quemadores de gas de síntesis o calentamiento por inducción eléctrica en el horno, pero de manera externa al tambor giratorio.

25

El reformado con vapor es un proceso endotérmico. Sin embargo, a diferencia de la incineración, que es exotérmica, no hay combustión. Más bien, el MC, combinado con agua, se calienta mientras está agitándose, provocando una reacción que produce un gas de síntesis ("sintegas"). El gas de síntesis consiste principalmente en hidrógeno (H₂) y monóxido de carbono (CO).

30

Una diferencia clave entre estos dos procesos térmicos se encuentra en los respectivos productos generados por estos procesos. En el caso de incineración/combustión, los productos son compuestos nocivos principalmente oxidados, mientras que el reformado con vapor produce combustibles de gas de síntesis beneficiosos en gran medida con algunos vapores de metal y ácido minoritarios, normalmente muchos más fáciles de limpiar que los productos de combustión oxidados.

35

Normalmente, el desecho que está usándose como entrada de MC en el procedimiento de reformado con vapor comprende principalmente hidrógeno y carbono, y un pequeño porcentaje de otros elementos tales como cloro, flúor, azufre, nitrógeno, vidrio y diversos metales. Por ejemplo, los desechos sólidos municipales (DSM) tienen normalmente una razón de carbono/hidrógeno/oxígeno de aproximadamente 1/1,7/0,5. Normalmente los DSM también incluyen aproximadamente el 10% en peso de productos sólidos inertes.

40

En un procedimiento de reformado con vapor de la técnica anterior típico, el gas de síntesis se produce en un procedimiento de 2 fases. En primer lugar, el tambor que contiene el agua y MC se calienta, normalmente durante 45 90 minutos a temperaturas en el intervalo de 650°C. Entonces, los materiales sólidos, incluyendo metales y material carbonizado, se extraen del tambor. En ese momento, aproximadamente el 60-70% del MC se ha sometido a reformado con vapor para producir gas de síntesis. Entonces, el procedimiento típico "pulirá" el gas de síntesis para convertir los hidrocarburos restantes en gas de síntesis y el material carbonizado pirolítico se separa del resto de productos inorgánicos inertes y se quema, o se elimina la mezcla completa de material carbonizado más otros sólidos. En el documento WO 2004/004051 A1 se da a conocer un procedimiento de reformado con vapor en horno giratorio para convertir el material carbonoso en gas de síntesis.

45

50

Sumario de la invención

55

Según la invención, existen dos procedimientos de reformado con vapor diferentes, un procedimiento de una fase, de corriente individual y un procedimiento de múltiples fases, de corriente doble.

60

Se prefiere el procedimiento de una fase para situaciones en las que el MC tiene una cantidad muy pequeña de metal en el mismo. Esto se debe a que el procedimiento de una fase descrito a continuación implica emplear temperaturas que vaporizarían el metal. En casos en los que la cantidad de metal mezclado con el MC es intrascendente, se prefiere el procedimiento de una fase debido a que la cantidad de cualquier vapor de metal será intrascendente. Cuando no sea técnicamente viable retirar sustancialmente todos los metales mezclados en el MC, se usará/puede usarse preferiblemente el procedimiento de múltiples fases descrito a continuación.

65

Tanto para el procedimiento de una fase como para el procedimiento de múltiples fases, el MC, tal como desechos sólidos municipales ("DSM") se tritura en primer lugar. (Para los fines de esta descripción y para facilidad de

referencia, la entrada en el procedimiento de reformado con vapor se denominará y considerará que es DSM; sin embargo, debe entenderse que puede usarse cualquier MC, y por consiguiente el procedimiento puede adaptarse para éstos).

5 Se mezcla cal comercial (es decir, óxido de calcio y/o un bicarbonato de sosa) con los DSM triturados. Cuando el reformado con vapor está teniendo lugar, el calcio en la cal reacciona con halógenos que se liberan desde los DSM, formado sales de calcio que generalmente son benignas. Esta característica es importante ya que la retirada de halógenos en esta fase temprana es más sencilla y menos costosa que retirarlos más tarde aguas abajo, lo que normalmente implicaría usar unidades de limpieza de lecho de sorción. Esto también evita la oportunidad de que estos halógenos formen vapores de ácido y/o las dioxinas y los furanos más altamente tóxicos, si estos constituyentes entran en contacto con oxígeno mientras están a temperaturas elevadas durante el procedimiento de reformado con vapor. (La formación de dioxinas y furanos es uno de los principales problemas con la mayoría de sistemas de incineración). Debido a que los halógenos reaccionan muy fácilmente con la cal, no están disponibles para formar vapores de ácido y/o dioxinas y furanos. Obsérvese que con el reformado con vapor, en el que la mayor parte del aire atmosférico y por tanto el oxígeno se purga de la corriente de desechos entrante (tal como se describe a continuación), existirán pocas oportunidades para la conversión en las dioxinas y furanos tóxicos con respecto a las que habría realmente para sistemas de combustión e incineración.

20 Tanto en procedimientos de una fase como de múltiples fases, los DSM triturados se alimentan a una tolva, conteniendo la tolva un tornillo sin fin (es decir, un transportador de tornillo helicoidal) para alimentar los DSM al horno de reformado con vapor. En la entrada en el horno, el sistema proporciona una alimentación continua de vapor a alta temperatura para purgar los DSM que entran en el horno del aire atmosférico, y en particular, de nitrógeno y oxígeno. Tal como se explicará adicionalmente, el vapor adicional es beneficioso para el procedimiento de reformado con vapor, puesto que este vapor precalienta los DSM y captura de ese modo parte del calor residual del procedimiento de planta. Mientras tanto, también es deseable excluir el nitrógeno y oxígeno para impedir la formación de óxido nitroso tóxico y otros óxidos de nitrógeno y/u otros productos oxidados indeseables.

30 Tal como se explicó anteriormente, el procedimiento de reformado con vapor de la técnica anterior típico es un procedimiento de dos fases. El motivo para esto es que en la primera fase, mientras la mayor parte del MC se reforma con vapor (de manera habitual, aproximadamente el 60-70% de la cantidad de MC inicial), se forma material carbonizado, y tradicionalmente se ha creído que es necesario retirar este material carbonizado antes de que el MC restante pueda someterse a reformado con vapor. Sin embargo, sorprendente e inesperadamente, se ha descubierto que el material carbonizado, si se calienta suficientemente, también puede someterse a reformado con vapor, y no es necesario retirarlo. Esto es beneficioso debido a que el reformado con vapor del MC es más completo, y debido a que hay menos desechos sólidos que eliminar.

40 Por tanto, se ha diseñado un procedimiento de reformado con vapor de una fase, de corriente individual tal como sigue. El procedimiento emplea un horno giratorio de reformado con vapor que calienta el MC hasta una temperatura de reformado elevada, aproximadamente de 650°C-1100°C; con tiempos de residencia variables para generar sustancialmente la conversión completa de MC en un producto de gas de síntesis terminado compuesto principalmente por H₂ y CO. Se contempla que puede ser adecuado cualquier horno giratorio de reformado con vapor convencional; sin embargo, es preferible (obsérvese que es una reivindicación específica de esta invención que el sistema comprenda un horno giratorio individual con calentamiento externo, puesto que hay una invención de patente actual que usa un horno giratorio individual pero que usa calentamiento de combustión "interno") que tal horno giratorio se caliente de manera externa (más que se caliente de manera interna), puesto que esto reduce la posibilidad de que la combustión/incineración tenga lugar dentro del horno y produzca diversos compuestos como productos secundarios nocivos. El objetivo de usar un procedimiento de una fase es proporcionar temperatura, mezclado turbulento y tiempo de residencia suficientes, en una zona de reacción individual, para lograr niveles de conversión objetivo. Este procedimiento de reformado con vapor de una fase puede incluir una unidad de pulido aguas abajo del horno, para someter adicionalmente a reformado el gas de síntesis separado, pero no completamente reformado en un gas de síntesis más limpio.

55 La escoria sólida inerte que queda en el horno se retira entonces antes del pulido de este gas de síntesis reformado con vapor de primera fase, según sea necesario. Esta escoria sólida se enfría y puede venderse como material de relleno para construcción. Normalmente, esta extracción de sólidos inertes representará una reducción de volumen de hasta el 98% de la mezcla de DSM original.

60 Preferiblemente, el sistema experimenta un procedimiento de eliminación de polvo, en el que se retira material particulado de polvo del gas de síntesis reformado. Se emplean separadores/filtros de polvo y partículas convencionales, aunque preferiblemente, esto implica un separador de polvo vortical y un filtro de material particulado fino. Esta separación y retirada de polvo vortical puede tener lugar en el horno giratorio de reformado con vapor. Alternativamente, los materiales particulados de polvo pueden retirarse en recipientes similares aguas abajo del horno giratorio de reformado. Mientras tanto, estarán ubicados módulos de extracción de calor aguas abajo del separador y el filtro, respectivamente. Los extractores de calor se usan para extraer la energía térmica del gas de síntesis caliente para el uso o bien como calor directo o bien para la producción de electricidad o bien para precalentar el aire de combustión del horno y/o bien para precalentar el MC de alimentación.

La siguiente fase de limpieza comprenderá preferiblemente un lecho de sorción o tecnologías equivalentes para retirar vapores de metal y ácido fugaces u otros venenos/contaminantes para proporcionar una limpieza de gas de síntesis especificada para procedimientos posteriores. Este sistema de limpieza de lecho de sorción estará ubicado normalmente aguas abajo de la retirada de polvo y material particulado, y estará ubicado normalmente o bien aguas arriba o bien aguas abajo de los módulos de extracción de calor (dependiendo de las sensibilidades a la temperatura de los materiales del lecho de sorción y las dependencias de la temperatura para la retirada eficaz de gases fugaces y venenosos).

Tal como se explicó anteriormente, el procedimiento de múltiples fases, de corriente doble se usa preferiblemente cuando hay una gran cantidad de material metálico en los DSM. Se apreciará que en la mayor parte de los casos, se separa el metal de los DSM debido al reciclaje obligatorio, y también podría separarse por medio de unidades de separación de metal ubicadas en los DSM triturados de alimentación del transportador en la tolva del horno de reformado con vapor. Sin embargo, incluso así, a menudo existe una cantidad sustancial de metal en los DSM que puede vaporizarse durante el procedimiento de reformado con vapor a temperatura muy alta. Además, el procedimiento de múltiples fases está diseñado para optimizar el consumo de energía mediante el procedimiento de reformado con vapor, tal como se describe a continuación:

El procedimiento de reformado con vapor de múltiples fases preferido es tal como sigue. Se proporciona un horno giratorio de reformado con vapor de primera fase que calienta el MC hasta una temperatura de reformado de aproximadamente 550°C a 650°C para generar la primera fase de producción de gas de síntesis con los materiales metálicos intactos en gran medida (es decir, no vaporizados) y con material carbonizado residual. Los productos de primera fase se separan en dos corrientes: una corriente gaseosa "pulverulenta" de segunda fase; y una corriente de sólidos de tercera fase. Entonces se proporciona un horno estacionario de reformado con vapor de segunda fase que calienta los materiales de flujo de entrada gaseosos "pulverulentos" hasta una temperatura de reformado elevada de aproximadamente 850°C a 1100°C (o mayor si fuera necesario) para completar la transformación de los materiales gaseosos de primera fase facilitando la conversión completa de gases carbonosos en gas de síntesis compuesto principalmente por CO y H₂. Normalmente, este gas de síntesis será rico en hidrógeno, puesto que gran parte del carbono se ha hecho pasar como corriente hasta el sistema de reformado con vapor de tercera fase descrito a continuación. Obsérvese que este horno "estacionario" de segunda fase puede estar configurado como un horno giratorio si se encuentra que es necesario para optimizar el rendimiento de conversión de esta segunda fase.

Preferiblemente, el procedimiento proporciona la retirada de polvo y materiales particulados entre las fases primera y segunda. Normalmente, esto se hará con uno o ambos de separadores de polvo vorticales y filtros de material particulado fino. Alternativamente, o además de este procedimiento de retirada de polvo, el procedimiento también incluirá la separación interna de polvo y partículas (arrastradas por el flujo de gas de síntesis) del gas de síntesis antes de salir de los hornos de reformado con vapor de o bien la primera fase y/o bien la segunda y la tercera fases. Este separador interno usará un movimiento vortical intenso creado de manera interna, generado por álabes estacionarios en un canal cilíndrico convergente. El gas de síntesis que está expulsándose a través de este tubo cilíndrico convergente de salida que tiene álabes inclinados de gas solidarios generará las fuerzas centrífugas vorticales para permitir la separación de partículas más densas que el gas de síntesis que está expulsándose a través de este cilindro de salida. Ranuras ubicadas estratégicamente a lo largo de la longitud del cilindro de salida proporcionarán la salida de partículas con el momento radial conferido por el movimiento vortical suficiente para separar estas partículas de la corriente de gas de síntesis que sale del horno de reformado con vapor. Normalmente, este dispositivo de separación interno será un recipiente cilíndrico, separado del tambor giratorio de reformado con vapor.

El material carbonizado se separa de la escoria sólida inerte en el horno de primera fase y se alimenta a un horno giratorio de reformado con vapor de tercera fase que calienta el carbono residual hasta una temperatura de reformado elevada de aproximadamente 850°C a 950°C (o mayor según sea necesario) para completar la transformación del material carbonizado en un gas de síntesis compuesto prácticamente por volúmenes iguales de CO y H₂ según la reacción de reformado con vapor (con x moles de H₂O en exceso):



Alternativamente, el material carbonizado puede usarse directamente como combustible de calentamiento para o bien la caldera de vapor o bien como combustible de calentamiento para una de las dos fases anteriores de reformado con vapor, o bien usarse directamente para ventas de productos.

Si es necesario, el flujo de salida desde la tercera fase puede dirigirse a la segunda fase descrita anteriormente de manera que puede pulirse el flujo de salida desde la tercera fase. Sin embargo, el gas de síntesis que fluye hacia fuera de la tercera fase normalmente está sustancialmente más limpio que el gas de síntesis de primera fase y puede no requerir pulido, en el que el material carbonizado se ha separado eficazmente del resto del residuo.

Este procedimiento de múltiples fases también incluye preferiblemente extracción de calor para capturar energía útil al enfriarse el gas de síntesis y los sólidos. Dos módulos de extracción de calor pueden instalarse separada e

individualmente aguas abajo de cada una de las fases segunda y tercera o pueden instalarse aguas abajo de un flujo combinado de gas de síntesis desde estas fases separadas. Estas unidades de recuperación de calor pueden usarse para crear energía eléctrica (usando generación de vapor con turbinas), o simplemente pueden capturar la energía térmica usada para calentar o para precalentar el aire de combustión del horno y/o precalentar el MC de alimentación.

5
10
15
El procedimiento de reformado con vapor de múltiples fases puede incluir opcionalmente una unidad de limpieza para realizar la limpieza final del gas de síntesis usando lecho de sorción o tecnologías equivalentes para retirar vapores de metal y ácido fugaces u otros venenos/contaminantes para proporcionar la limpieza de gas de síntesis especificada para procedimientos posteriores. Normalmente, este sistema de limpieza de lecho de sorción estará ubicado aguas abajo de la retirada de polvo y material particulado y estará ubicado normalmente o bien aguas arriba o bien aguas abajo de las unidades de recuperación de calor (dependiendo de las sensibilidades a la temperatura de los materiales del lecho de sorción y las dependencias de la temperatura para retiradas eficaces de gases fugaces y venenosos).

15
20
Se apreciará que el procedimiento de reformado con vapor produce un gas de síntesis que comprende H_2 y CO . Es deseable producir un gas de síntesis con una razón de H_2/CO tan alta como sea posible. El motivo es que el H_2 es más valioso como producto básico y más fácil de convertir en energía limpia de lo que lo es el CO . Teniendo en cuenta consideraciones de calentamiento global, preferiblemente el carbono se secuestra más que se libera a la atmósfera. Esto hace que sea más difícil tratar con el CO .

25
Para maximizar la razón de H_2/CO , se alimenta humedad en exceso (por encima de las cantidades estequiométricas) como entrada en el procedimiento de reformado con vapor que genera H_2 y CO_2 adicionales con igual abundancia. El CO_2 limpio adicional puede separarse y secuestrarse. El segundo método es la alimentación de metano (incluyendo particularmente metano de vertedero), u otros materiales ricos en hidrógeno, incluyendo aceites de desecho, como entrada en el procedimiento de reformado con vapor.

30
35
La adición de hidrocarburos ricos en agua e hidrógeno en exceso al procedimiento de reformado con vapor hace que suba la proporción de hidrógeno en relación con la proporción de carbono y oxígeno en el horno de reformado con vapor. Esto, a su vez, produce una mayor razón de H_2/CO . El papel principal del agua en exceso es simplemente garantizar que hay un suministro adecuado de vapor para completar el reformado con vapor tan cerca como sea posible del 100%. Cualquier conversión de reformado con vapor de agua en exceso mas allá de la cantidad estequiométrica, dará como resultado la conversión de CO en CO_2 más H_2 . Esto crea una razón de H_2/CO mejorada pero también crea CO_2 adicional. Normalmente se evitará este método de mejora de la razón de H_2/CO puesto que incurre en penalizaciones energéticas y requerirá procedimientos especiales adicionales para secuestrar el CO_2 . La ventaja de este método de secuestro de CO_2 es que la mezcla de gas de síntesis está relativamente limpia y en este caso el CO_2 representa una proporción significativa del gas de síntesis y por tanto permite una separación y secuestro eficaces del CO_2 .

40
Dada la utilidad de metano como entrada del procedimiento de reformado con vapor, la invención también contempla preferiblemente el uso de metano de vertedero. Esto es conveniente, ya que la planta de reformado con vapor puede construirse cerca de, adyacente a o directamente en un sitio de vertedero, que puede servir no solo como fuente de MC, si no como fuente de metano de vertedero.

45
50
Existen varios usos ventajosos para los productos de los procedimientos de reformado con vapor descritos anteriormente. Estos se enumeran a continuación. Por ejemplo, parte de o todo el gas de síntesis ($H_2 + CO$) puede alimentarse a una pila de combustible. Las pilas de combustible albergan una reacción de oxidación. En el caso de gas de síntesis de $H_2 + CO$, lo más preferido es que se use una pila de combustible tal como una pila de combustible de carbonato líquido o una pila de combustible de óxido sólido, debido a que una pila de combustible de este tipo puede actuar tanto sobre H_2 como sobre CO . Con respecto al H_2 , el gas se oxida para producir H_2O más energía. En el caso de CO , la pila de combustible produce CO_2 más energía.

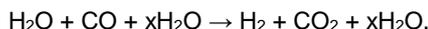
55
El gas de síntesis (o una parte del mismo) también puede alimentarse a una planta de síntesis gas-líquido ("GTL") para producir productos hidrocarbonados sintetizados seleccionados, tales como metanol, etanol, polietileno, polipropileno y equivalentes de los mismos.

60
El vapor y el CO_2 en exceso de GTL o el CO_2 y el vapor de la pila de combustible, pueden canalizarse a un invernadero ubicado de manera sinérgica. Esto da como resultado el secuestro de carbono de manera beneficiosa para el medio ambiente. Mientras tanto, se potencia el crecimiento de frutas, verduras u otros productos agrícolas, hortícolas o forestales dentro del invernadero. Además, el CO_2 puede capturarse y usarse para otros usos comerciales o introducirse en un procedimiento de conversión para la producción de subproductos útiles.

65
El hidrógeno del producto de gas de síntesis simplemente puede extraerse y venderse o usarse para aplicaciones deseadas.

El CO del gas de síntesis puede alimentarse a un reactor de desplazamiento de gas de agua, en el que tiene lugar la

siguiente reacción:



5 Además, la planta de síntesis GTL tendrá normalmente como salida, CO en exceso no usado cuando el gas de síntesis se alimentó a la planta. Este CO adicional también puede alimentarse a un reactor de desplazamiento de gas de agua o puede alimentarse a la pila de combustible o venderse como producto básico. El H₂ del reactor de desplazamiento de gas de agua puede alimentarse a una pila de combustible tal como se describió anteriormente, mientras que el CO₂ se secuestra tal como se describió anteriormente (alimentándolo a un invernadero ubicado de manera sinérgica).
10

Alternativamente, el CO y/o el H₂ de uno cualquiera de los procedimientos de reformado con vapor anteriores puede alimentarse a una caldera de vapor/turbina de vapor y/o motor de combustión para la producción de energía eléctrica. En otras palabras, puede haber una variedad de usos separados y/o concurrentes para el CO y el H₂ incluyendo la conversión GTL, ventas de productos básicos, combustible para pilas de combustible y/o combustible para una turbina de gas y/o una unidad de generación de electricidad con vapor.
15

El uso de una pila de combustible tal como se describió anteriormente requiere un suministro constante de combustible para esa pila de combustible. En otras palabras, surgen diversos problemas si el suministro de combustible se interrumpe o es intermitente, en lugar de constante. Debido a que puede interrumpirse la producción de gas de síntesis, puede alimentarse de manera constante gas natural, o gas de vertedero limpiado adecuadamente, a la pila de combustible.
20

Parte de este gas natural o gas de vertedero puede desviarse al horno de reformado con vapor. Preferiblemente, casi todo el gas natural se alimentará al horno de reformado con vapor para potenciar el contenido en hidrógeno del gas de síntesis tal como se describió anteriormente. Sin embargo, si se interrumpe la producción de gas de síntesis normal a partir de la conversión de DSM, habrá una derivación automática mediante la cual se dirigirá el gas natural directamente a la pila de combustible para mantener el suministro de combustible constante.
25

Puede usarse metano de vertedero en lugar de gas natural para garantizar un suministro constante de combustible para la pila de combustible, estando ubicado el procedimiento de reformado con vapor de manera sinérgica cerca o directamente en un sitio de vertedero. También puede usarse metano de vertedero para calentar el horno de reformado con vapor.
30

Puede usarse una parte del propio gas de síntesis producto para calentar uno o más de los hornos de reformado con vapor.
35

Breve descripción de los dibujos

40 La figura 1 muestra un diagrama esquemático de una realización preferida de la presente invención.

La figura 2 muestra un diagrama esquemático del procedimiento de una fase, de corriente individual.

45 La figura 3 muestra un diagrama esquemático de una realización del procedimiento de múltiples fases, de corriente doble.

La figura 4 muestra un diagrama esquemático de otra realización del procedimiento de múltiples fases, de corriente doble.

50 La figura 5 muestra un diagrama esquemático de otra realización del procedimiento de múltiples fases, de corriente doble.

Descripción detallada de la invención

55 La figura 1 es un diagrama esquemático de una realización preferida del procedimiento de una fase, de corriente individual. La entrada 1 de MC se alimenta de manera continua a un transportador 2 de tornillo sin fin o helicoidal, donde se tritura en una trituradora 4. El MC puede pretratarse opcionalmente haciéndolo pasar a través de un precalentador o secador 6 de tambor giratorio antes de alimentarlo al horno 9 giratorio de reformado con vapor. Esto sirve para realizar uno o más de los siguientes: retirar la humedad en exceso del MC, generar vapor y calentar el MC triturado (hasta aproximadamente 250°C) para prepararlo para la reacción de reformado con vapor. Cuando sea necesario, se añade vapor 5 y/o agua de reposición al MC triturado. Tal como se mencionó anteriormente, es ventajoso proporcionar una alimentación continua de vapor a alta temperatura para purgar el MC que entra en el horno 9 de reformado con vapor del aire, (en particular, de oxígeno y nitrógeno). El precalentador 6 está dotado de uno o más orificios 7 de ventilación de gases de combustión y uno o más orificios 8 de ventilación de vapor para liberar el vapor en exceso. Entonces se alimenta el MC al horno 9 de reformado con vapor, que se calienta de manera externa. Se añade cal 10 comercial a el horno de reformado con vapor de modo que reaccionará con
60
65

5 cualquier compuesto de halógeno retirando de ese modo tales halógenos del MC. Se calienta el MC dentro del horno 9 de reformado con vapor hasta aproximadamente 650°C-1100°C, o mayor según sea necesario dependiendo de la composición del MC, y experimenta una conversión prácticamente completa a través de una reacción de reformado con vapor para dar gas 11 de síntesis reformado. El gas de síntesis reformado puede pulirse opcionalmente, por ejemplo haciéndolo pasar a través de un separador 14 de polvo vortical y/o un filtro 15 de material particulado fino, para retirar polvo 16 y polvo 17 fino, respectivamente. La escoria sólida inerte o el residuo 12 de horno que queda tras el reformado con vapor, representa aproximadamente el 2% en volumen de la entrada 1 de MC inicial. El polvo 16 y 17 separado de estas unidades de pulido, combinado con el residuo 12 de horno compone el desecho 18 inerte residual total.

10 El gas de síntesis pulido, caliente puede hacerse pasar a través de un módulo 19 de extracción de calor que puede usarse para crear energía eléctrica (usando la generación de vapor con turbinas), o simplemente para capturar la energía térmica y reutilizarla para calentamiento dentro del sistema. A modo de ejemplo, pueden usarse módulos 19 y 21 de extracción de calor para capturar la energía térmica para su uso en el precalentador 6 para precalentar el aire de combustión para el horno 9 giratorio de reformado con vapor, mejorando de ese modo la eficacia de la planta. El gas 20 de síntesis producto puede usarse de varias maneras diferentes tal como se describió previamente.

15 La figura 2 es un diagrama esquemático simplificado del procedimiento de reformado con vapor de una fase, de corriente individual de la figura 1. Tal como se muestra, la entrada 1 de MC se pretrata en un precalentador 6 antes de alimentarse a un horno 9 giratorio de reformado con vapor. Se calienta el MC en el horno de reformado con vapor hasta aproximadamente 650-1100°C (normalmente en el extremo superior de este intervalo), donde experimenta una reacción de reformado con vapor. Una vez que el procedimiento de reformado con vapor se ha completado, se hace pasar el gas 11 de síntesis reformado para pulido y/o limpieza adicional cuando se requiera. Se retira el residuo 12 de horno del horno 9 de reformado con vapor.

REIVINDICACIONES

1. Método para el reformado con vapor de material carbonoso en gas de síntesis, comprendiendo dicho método:
5
alimentar una entrada de material carbonoso en un horno giratorio de reformado con vapor;
agitar el material carbonoso usando el horno giratorio de reformado con vapor;
10
añadir cal y/o un bicarbonato de sosa al material carbonoso dentro del horno giratorio de reformado con vapor;
15
calentar el material carbonoso dentro del horno giratorio de reformado con vapor hasta una temperatura de reformado elevada de desde aproximadamente 650 hasta 1100°C en presencia de agua o vapor; y
20
reformar el material carbonoso de tal manera que el material carbonoso experimente conversión por medio de una reacción de reformado con vapor para formar gas de síntesis;
en el que el agua o el vapor está presente en un exceso (por encima de las cantidades estequiométricas) suficiente para convertir todo el material carbonoso en un gas de síntesis y para maximizar la razón de H₂/CO en el gas de síntesis formado durante la reacción con vapor.
2. Método según la reivindicación 1, en el que el horno giratorio de reformado con vapor se calienta de manera externa.
25
3. Método según una cualquiera de la reivindicación 1 ó 2, que comprende además la etapa de precalentar o secar el material carbonoso haciendo pasar el material carbonoso a través de un precalentador antes de alimentarlo en el horno giratorio de reformado con vapor.
- 30 4. Método según la reivindicación 1, en el que el material carbonoso se alimenta de manera continua en el horno giratorio de reformado con vapor usando un transportador de tornillo sin fin o helicoidal.
5. Método según una cualquiera de la reivindicación 1 ó 2, en el que se alimenta de manera continua vapor a alta temperatura en la base de la tolva de alimentación del horno giratorio con el fin de purgar aire del MC que se alimenta por medio de un tornillo sin fin en el horno de reformado con vapor.
35
6. Método según una cualquiera de la reivindicación 1 ó 2, en el que el material carbonoso es metano de vertedero obtenido a partir de un sitio ubicado próximo o de manera sinérgica a un vertedero.

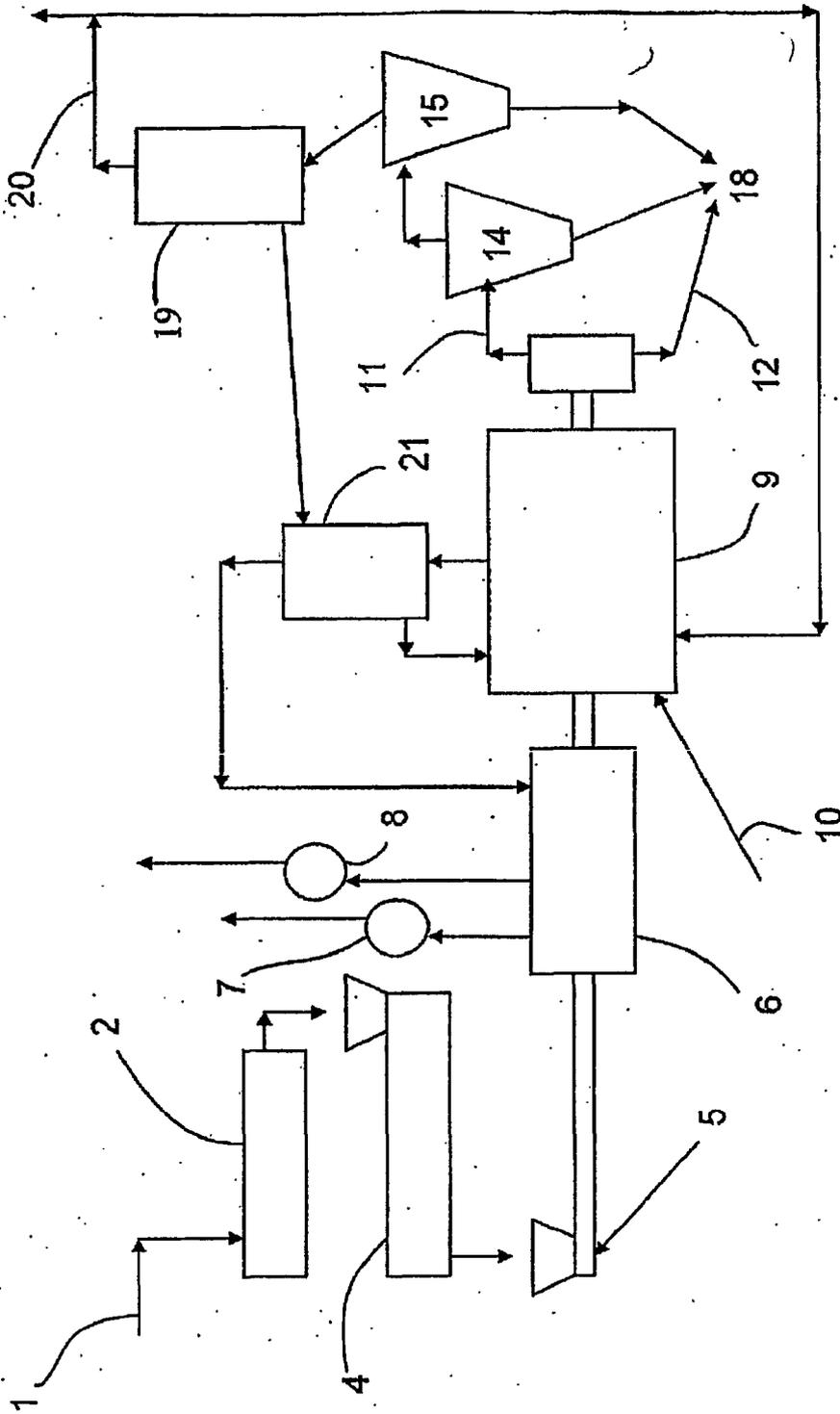


Fig. 1

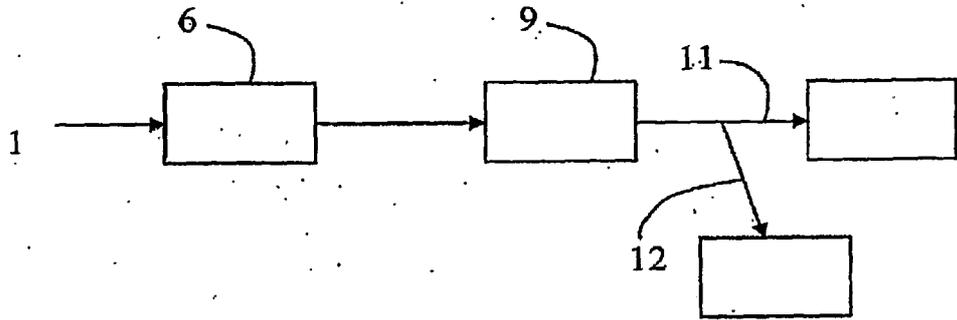


Fig. 2