

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 909 334**

51 Int. Cl.:

F23J 3/00 (2006.01)

C10J 3/84 (2006.01)

C10K 1/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.10.2010 PCT/US2010/053398**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.06.2011 WO11075213**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.10.2010 E 10838058 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.12.2021 EP 2512986**

54 Título: **Adición de flujo como acondicionador del filtro**

30 Prioridad:

18.12.2009 US 287812 P
02.02.2010 US 698660

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
06.05.2022

73 Titular/es:

LUMMUS TECHNOLOGY LLC (100.0%)
1515 Broad Street
Bloomfield, NJ 07003, US

72 Inventor/es:

TROXCLAIR III, EMILE J.

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 909 334 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

Adición de flujo como acondicionador del filtro

Campo técnico

5 La presente invención se refiere en general a una mejora en la conversión de materia prima carbonosa sólida o líquida en productos gaseosos deseables, tales como gas de síntesis. Más específicamente, la presente invención se refiere a las mejoras en la eliminación de las partículas arrastradas del gas de síntesis bruto, así como a las mejoras en la adición de un agente fundente a un reactor de gasificación.

Antecedentes

10 El gas de síntesis es un combustible para la generación de energía, así como una importante materia prima intermedia para la producción de productos químicos tales como hidrógeno, metanol, amoníaco, gas natural sustitutivo o el aceite de transporte sintético. Se han desarrollado tres tipos básicos de sistemas y procesos para la producción de gas de síntesis mediante la gasificación de materiales carbonosos. Son: (1) gasificación en lecho fijo, (2) gasificación en lecho fluidizado y (3) gasificación en suspensión o por arrastre.

15 El gas de síntesis crudo y caliente que sale del gasificador contiene partículas arrastradas que comprenden productos carbonosos, cenizas y materia prima carbonosa no convertida. Estas partículas arrastradas deben ser eliminadas antes del tratamiento adicional del gas de síntesis, y se separan del gas de síntesis bruto por medio de un sistema de eliminación de partículas. La materia particulada recuperadas a menudo es reciclada de nuevo a la primera etapa del reactor de gasificación para aumentar la eficiencia global de conversión del carbono.

20 Un sistema de eliminación de partículas comprende comúnmente un dispositivo de separación inicial (típicamente un ciclón) y un dispositivo de filtración de partículas dispuesto aguas abajo. Un ciclón crea un vórtice de gas que facilita la eliminación de un gran porcentaje de las partículas arrastradas. El resto de las partículas arrastradas se eliminan de la corriente de gas mediante el dispositivo de filtración de partículas situado aguas abajo, que contiene numerosos elementos filtrantes. Estos elementos retienen la materia particulada fina residual de la corriente de gas mientras permiten el paso del gas de síntesis, produciendo así una corriente de gas libre de partículas.

25 Sin embargo, la eficacia funcional de este sistema puede verse obstaculizada por la acumulación de partículas finas de producto carbonoso en los poros de los elementos filtrantes. Estas partículas finas a menudo se alojan profundamente en los poros de los elementos filtrantes, lo que restringe la permeabilidad de los elementos al paso del gas de síntesis. La acumulación de partículas finas en los elementos a lo largo del tiempo conduce a la formación de una "torta de filtro" que disminuye aún más la permeabilidad de los elementos al gas. Para remediar esta condición, la práctica establecida normalmente implica dirigir un pulso periódico de gas de alta presión hacia atrás a través de los elementos del filtro (lo que es conocido como "retropulso") con el fin de desalojar al menos una parte de la torta de filtro acumulada. Sin embargo, las partículas pequeñas que quedan atrapadas en los poros del elemento filtrante no suelen ser desalojadas eficazmente por el retropulso. La infiltración de estas partículas disminuye la vida útil de los elementos filtrantes y dificulta el funcionamiento rutinario del dispositivo de filtración de partículas. Por lo tanto, es necesario desarrollar una tecnología que impida la infiltración de las partículas de producto carbonoso en los poros de los elementos filtrantes, con lo que: 1) se reduce la presión de gas de retropulso necesaria para desalojar eficazmente la torta de filtro de los elementos filtrantes, 2) se hace más lento el ritmo de aumento de la presión diferencial a través de los elementos filtrantes (con lo que se prolonga la vida útil del elemento filtrante), y 4) se mejora la eficacia operativa general del sistema de filtración de partículas.

40 Los elementos filtrantes deben ser reemplazados periódicamente, y debido al tamaño relativamente grande de los poros de los elementos filtrantes, los nuevos filtros suelen tener una mayor permeabilidad a las partículas de producto carbonoso. En consecuencia, la práctica común inmediatamente después de la sustitución del elemento filtrante es reducir el flujo de gas de síntesis crudo que entra en el dispositivo de filtración hasta que se produzca un acondicionamiento de los filtros. Este proceso de acondicionamiento suele consistir en la deposición de una fina capa de partículas de producto carbonoso sobre los poros de los nuevos elementos filtrantes y en su interior. Esta capa de partículas de producto carbonoso disminuye eficazmente la permeabilidad de los elementos filtrantes a las partículas de producto carbonoso subsiguientes, manteniendo la permeabilidad al gas. Los protocolos actuales de acondicionamiento requieren una disminución de la tasa de entrada de gas de síntesis crudo a la unidad de filtración hasta que se acumule esta fina capa inicial de torta de filtro, lo que provoca una menor disponibilidad de funcionamiento de la unidad de filtración de partículas. Por lo tanto, es necesario desarrollar una tecnología que disminuya el tiempo necesario para lograr un acondicionamiento adecuado de los elementos filtrantes recién instalados.

55 La adición de agentes fundentes minerales es común en la gasificación de flujo arrastrado, ya que la adición de ciertos minerales al reactor de gasificación reduce la temperatura de fusión de las cenizas generadas por la gasificación del material carbonoso. La reducción de la temperatura de fusión de las cenizas disminuye la viscosidad de la escoria mineral formada durante la gasificación, evitando así el taponamiento de la piqueta que permite la extracción

de la escoria fundida del gasificador. La práctica habitual es mezclar el agente fundente con la materia prima carbonosa antes de añadirla al gasificador. Sin embargo, esto reduce la eficiencia global del proceso de gasificación, tanto por requerir una etapa de mezclado, como por reducir la tasa máxima a la que la materia prima carbonosa puede ser añadida al gasificador. Por lo tanto, existe la necesidad de procedimientos mejorados para introducir el agente fundente en el sistema de gasificación que no requiera la premezcla del agente fundente con la materia prima carbonosa antes de añadir la materia prima al reactor de gasificación.

El documento WO 2008 / 089503 A1 describe una planta de gasificación de madera que tiene un gasificador y un filtro aguas abajo del gasificador para eliminar las partículas de polvo de un gas pobre generado por el gasificador, así como un procedimiento para purificar un gas pobre en una planta de gasificación de madera. El documento EP 0304931 A2 describe un procedimiento y un aparato para la gasificación o combustión de material sólido carbonoso en un reactor de lecho fluidizado circulante, y describe la forma de separar las partículas del gas producto dentro de un proceso de dos etapas.

Sumario de la invención

La presente invención se refiere a mejoras que aumentan la eficiencia de los procesos y sistemas de gasificación. Más específicamente, ciertas realizaciones aumentan la eficiencia operativa del sistema de filtración de partículas al evitar la infiltración de partículas de producto carbonoso demasiado profundamente en los poros de los elementos filtrantes. Esto, a su vez, hace más lento la tasa de aumento de la presión diferencial a través de los elementos filtrantes, prolongando de esta manera la vida útil de los mismos. Algunas realizaciones mejoran adicionalmente la eficiencia de la adición de materia prima al reactor de gasificación al eliminar la necesidad de premezclar el agente fundente con la materia prima carbonosa.

Estas mejoras se logran mediante la adición de un agente de flujo grueso de tamaño selectivo en la corriente de gas de síntesis crudo inmediatamente antes del dispositivo de filtrado de partículas. La composición del material y el rango de tamaño de las partículas de agente fundente añadidas se ajustan para acondicionar adecuadamente los elementos filtrantes, en el que el acondicionamiento implica la deposición de una fina capa de partículas de agente fundente sobre el filtro que mantiene la permeabilidad del filtro al gas de síntesis. Las partículas de flujo relativamente gruesas se utilizan para el acondicionamiento del filtro porque estas partículas se acumulan predominantemente en la superficie de la matriz del filtro, o cerca de ella, durante el acondicionamiento del elemento filtrante, inhibiendo de esta manera la penetración posterior en profundidad de la matriz del filtro de las partículas más pequeñas de producto carbonoso. Por el contrario, las partículas de producto carbonoso se acumulan predominantemente fuera de los elementos filtrantes en forma de torta de filtro, por lo que son más fáciles de desalojar mediante eventos periódicos de retropulsación. El beneficio general de utilizar esta estrategia para acondicionar los elementos filtrantes es que se reduce la tasa de aumento de la presión diferencial a través de los elementos filtrantes, lo que prolonga la vida útil de los mismos.

A continuación de su función de acondicionamiento de los elementos filtrantes de la unidad de filtración de partículas, al menos una parte del agente fundente se desprende de los elementos filtrantes con cada evento de retropulsación junto con al menos una parte de la torta de filtro acumulada. El agente fundente y la torta de filtro eliminada caen entonces por la fuerza de la gravedad a un recipiente situado en la parte inferior de la unidad de filtración de partículas, y esta mezcla se recicla a la primera etapa del gasificador. La etapa de reciclado aumenta la eficiencia global de conversión de la materia prima carbonosa, a la vez que proporciona un mecanismo novedoso para introducir el agente fundente en el reactor de gasificación.

Una práctica común es mezclar el agente fundente con la materia prima carbonosa antes de añadir la mezcla resultante al gasificador. Sin embargo, esto diluye la materia prima, reduciendo de esta manera la tasa máxima a la que la materia prima carbonosa puede ser alimentada al reactor de gasificación. En la presente divulgación, el agente fundente entra en el reactor de gasificación junto con el producto carbonoso reciclado y las cenizas recogidas por el sistema de eliminación de partículas. De esta manera, la materia prima carbonosa añadida a la primera etapa del reactor no se diluye con el agente fundente, lo que aumenta la eficiencia del proceso global de gasificación. La composición del material del agente fundente que se añade puede ajustarse según sea necesario para ajustar el punto de fusión y la viscosidad de la escoria fundida en el fondo de la primera etapa del gasificador, ayudando de esta manera al correcto drenaje de la escoria fundida del gasificador.

Ciertas realizaciones de la presente invención comprenden un proceso mejorado para la gasificación de un material carbonoso, que comprende: a) proporcionar un reactor de gasificación, en el que el citado reactor convierte la materia prima carbonosa para producir un producto de mezcla que comprende una primera corriente de producto gaseoso y producto carbonoso, en el que la citada corriente de producto gaseoso comprende H_2 , y CO , b) hacer pasar el citado producto de mezcla a través de un dispositivo de separación inicial, en el que la mayor parte del citado producto carbonoso se elimina de la citada corriente de producto gaseoso, c) introducir un agente fundente de partículas gruesas en la corriente de producto gaseoso aguas abajo del citado dispositivo de separación inicial, en el que el citado agente fundente de partículas gruesas tiene un rango de tamaño medio de 5 - 30 micras, d) proporcionar una unidad de filtración de partículas que comprende una pluralidad de elementos filtrantes aguas abajo del punto de

introducción del citado agente fundente de partículas gruesas, en el que un medio filtrante de la pluralidad de elementos filtrantes, cuando es nuevo, tiene un tamaño de poro que permite el paso de partículas más pequeñas de producto carbonoso pero es más pequeño que el tamaño medio de las partículas del agente fundente de partículas gruesas, e) depositar una delgada capa del agente fundente sobre los poros de los elementos filtrantes y en su interior, acondicionando de esta manera los elementos filtrantes y disminuyendo la permeabilidad subsiguiente de los elementos filtrantes a las partículas de producto carbonoso arrastradas, al mismo tiempo que se maximiza la permeabilidad de los elementos de filtro al gas de síntesis, f) retirar periódicamente de los elementos filtrantes una mezcla que comprende la torta de filtro mediante retropulsación, en la que la citada torta de filtro comprende partículas gruesas de agente fundente y producto carbonoso, g) formar una mezcla que comprenda el producto carbonoso retirado de la etapa b) y la torta de filtro retirada de la etapa f), y a continuación dirigir esta mezcla al reactor de gasificación de la etapa a). En ciertas realizaciones, el reactor de gasificación de la etapa (a) comprende unas etapas primera y segunda. En ciertas realizaciones, el agente fundente de partículas gruesas ayuda a la eliminación de la escoria fundida del reactor disminuyendo el punto de fusión y la viscosidad de la escoria fundida en el reactor de gasificación. En ciertas realizaciones, el citado agente fundente de partículas gruesas puede comprender piedra caliza, óxido de magnesio, arcilla, silicatos, boratos, cenizas volantes, escorias o mezclas de los mismos. En ciertas realizaciones, el proceso de la presente invención puede comprender además una etapa de pasar el citado producto de mezcla de la etapa (a) a una zona de recuperación de calor antes de la etapa (b), en el que la citada zona de recuperación de calor comprende un dispositivo de recuperación de calor seleccionado de un grupo que consiste en una caldera de tipo de calor radiante, una caldera de tubos de agua, una caldera de combustión pirotubular y combinaciones de las mismas. En ciertas realizaciones, el reactor de gasificación de la etapa (a) comprende una primera y una segunda etapa, en la que la primera etapa comprende la combustión parcial, en una sección inferior, de una corriente sólida que comprende materia prima carbonosa en partículas con una corriente de gas que comprende un gas que contiene oxígeno para producir calor y un primer producto de mezcla que comprende gas de síntesis, producto carbonoso y escoria fundida; y la segunda etapa comprende la pirolización, en una sección superior, del citado primer producto de mezcla con una primera corriente de lodo que comprende material carbonoso en partículas en un portador líquido para producir un segundo producto de mezcla que comprende gas de síntesis y producto carbonoso. El enrutamiento de la mezcla que comprende el producto carbonoso eliminado de la etapa b) y la torta de filtro eliminada de la etapa f) al reactor de gasificación de la etapa a) comprende: la conducción del producto carbonoso eliminado de la citada corriente de producto gaseoso; la conducción de la mezcla que comprende la torta de filtro eliminada de los elementos filtrantes; la combinación del producto carbonoso eliminado de la citada corriente de producto gaseoso y la mezcla que comprende la torta de filtro eliminada de los elementos filtrantes; y la alimentación de un producto de mezcla que comprende el producto carbonoso combinado y la mezcla que comprende la torta de filtro en la sección inferior del reactor de gasificación.

Ciertas realizaciones de la invención comprenden un sistema para la gasificación de un material carbonoso, que comprende a) un reactor para la gasificación de una corriente sólida que comprende materia prima carbonosa en partículas para producir calor y un producto de mezcla que comprende gas de síntesis y producto carbonoso; b) un dispositivo de separación inicial para separar el citado producto de mezcla de la parte a) para crear una corriente de producto gaseoso y una primera corriente de producto sólido que comprende producto carbonoso; c) un agente fundente de partículas gruesas que tienen un rango de tamaño medio de 5 - 30 micras, d) un punto de entrada para la adición del agente fundente de partículas gruesas aguas abajo del dispositivo de separación inicial de la parte b); e) una unidad de filtración de partículas que comprende una pluralidad de elementos filtrantes para filtrar la corriente de producto gaseoso de la parte b) y el agente fundente de partículas gruesas de la parte c) para retener las partículas residuales de producto carbonoso, creando de esta manera una segunda corriente de producto sólido y permitiendo al mismo tiempo el paso de la citada corriente de producto gaseoso de la parte b), en la que el tamaño de las aberturas de los poros de la pluralidad de elementos filtrantes es inferior a 5 micras; f) una tubería para conducir las corrientes de productos sólidos primera y segunda, que tiene un primer extremo en el dispositivo de separación inicial de la parte b) para conducir la primera corriente de productos sólidos de la parte b), un segundo extremo en la unidad de filtración de partículas de la parte c) para conducir la segunda corriente de productos sólidos, un conector para combinar las corrientes de productos sólidos primera y segunda, y un tercer extremo en el reactor de gasificación para permitir la entrada en el reactor de un producto de mezcla que comprende las corrientes de productos sólidos primera y segunda y el agente de flujo de partículas gruesas de la parte c). En ciertas realizaciones, el sistema puede estar configurado para añadir periódicamente el agente fundente de partículas gruesas a través del punto de entrada. En ciertas realizaciones, el punto de entrada está inmediatamente aguas arriba de la unidad de filtración de partículas y aguas abajo del dispositivo de separación. En ciertas realizaciones, el sistema puede comprender un dispositivo de recuperación de calor colocado aguas arriba del dispositivo de separación inicial de la parte b), en el que el citado dispositivo de recuperación de calor se selecciona del grupo que consiste en una caldera de tipo calor radiante, una caldera acuotubular, una caldera pirotubular y combinaciones de las mismas.

Ciertas realizaciones de la invención comprenden un sistema de este tipo para la gasificación de un material carbonoso, en el que el reactor comprende: i) una sección inferior del reactor para la combustión parcial de una corriente sólida que comprende materia prima carbonosa en partículas con una corriente de gas que comprende un gas que contiene oxígeno para producir calor y un primer producto de mezcla que comprende gas de síntesis, producto carbonoso y escoria fundida; ii) una sección superior del reactor para pirolizar el citado producto de mezcla de la parte i)

con una primera corriente de lodo que comprende material carbonoso en partículas en un portador líquido para producir un segundo producto de mezcla que comprende gas de síntesis y producto carbonoso, en el que el dispositivo de separación inicial sirve para separar el citado segundo producto de mezcla de la parte ii) para crear una corriente de producto gaseoso y una primera corriente de producto sólido que comprende producto carbonoso; y el tercer terminal está situado en la sección inferior del reactor de la parte i) para permitir la entrada en el reactor de un producto de mezcla que comprende las corrientes de producto sólido primera y segunda y el agente acondicionador de partículas gruesas de la parte c). En ciertas realizaciones, el dispositivo de separación inicial del sistema puede comprender un ciclón, y la unidad de filtración de partículas puede comprender un filtro de vela.

Breve descripción de los dibujos

Para una descripción más detallada de las realizaciones de la presente invención, se hará referencia a continuación a los dibujos que se acompañan: La figura 1 es una representación esquemática de una realización de la presente invención. Se representa un sistema de gasificación que incorpora las mejoras de la presente invención.

Descripción de realizaciones

La siguiente descripción detallada de varias realizaciones de la invención hace referencia a los dibujos que se acompañan que ilustran realizaciones específicas en las que se puede practicar la invención. Las realizaciones pretenden describir aspectos de la invención con suficiente detalle como para que los expertos en la materia puedan poner en práctica la invención. Por lo tanto, la siguiente descripción detallada no debe tomarse en sentido limitativo. El alcance de la presente invención está definido únicamente por las reivindicaciones adjuntas.

Ciertas realizaciones pueden comprender un sistema de gasificación alimentado por lodos, muchos de cuyos detalles están fuera del alcance de la presente memoria descriptiva. Ciertas realizaciones pueden comprender un proceso de gasificación en dos etapas, muchos de cuyos detalles están también fuera del alcance de la presente memoria descriptiva, y se han descrito previamente en detalle en las Solicitudes de Patente Provisional U.S 61 / 165.784, 61 / 138.312, 61 / 165.784 y 61 / 146.189 así como en la solicitud de patente U.S Ser. Núm. 12 / 192.471 y 11 / 834.751. Por lo tanto, los detalles del proceso de gasificación se describirán en la presente memoria descriptiva sólo en el detalle necesario para revelar completamente la mejora actual del proceso y sistema de gasificación. La invención actual puede ser adaptada para su uso con cualquier tipo de sistema de gasificación actualmente conocido en la técnica (por ejemplo, de una o dos etapas; alimentación de lodos o alimentación en seco). Por lo tanto, las realizaciones específicas de la invención que se describen en la presente memoria descriptiva no pretenden limitar el alcance de la invención a un proceso o sistema de gasificación de alimentación de lodos de dos etapas.

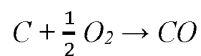
En ciertas realizaciones, la gasificación se lleva a cabo mediante la combustión parcial del material carbonoso con aire u oxígeno de alta pureza en una primera etapa, creando gas sintético caliente. El contenido mineral residual forma una escoria fundida que se retira continuamente del gasificador. En ciertas realizaciones, el gas de síntesis caliente creado en la primera etapa vaporiza y gasifica la pasta de producto carbonoso adicional introducida en la segunda etapa. El gas de síntesis que sale del gasificador se enfría y se limpia, y se hidrata antes de utilizarlo en una turbina de gas avanzada para la generación de energía (o se acondiciona aún más para la producción de productos químicos tales como hidrógeno, metanol, urea, productos Fischer - Tropsch, etc.).

Haciendo referencia a la figura 1, ciertas realizaciones de la presente invención proporcionan un reactor de gasificación de dos etapas 10, que comprende una sección inferior 30 del reactor y una sección superior 40 del reactor. La sección inferior 30 del reactor define la zona de reacción de la primera etapa, y también se denominará zona de reacción de la primera etapa. La sección superior 40 del reactor define la zona de reacción de la segunda etapa, y también se denominará zona de reacción de la segunda etapa. En la realización representada en la figura 1, la sección superior 40 del reactor no sometido a combustión del reactor 10 está conectada directamente a la parte superior de la sección inferior 30 del reactor sometido a combustión 10, de modo que los productos de reacción calientes se transportan directamente desde la sección inferior 30 del reactor a la sección superior 40 del reactor, minimizando de esta manera las pérdidas de calor en los productos de reacción gaseosos y los sólidos arrastrados.

Dentro de la sección inferior 30 del reactor, también la zona de reacción de la primera etapa del reactor de gasificación 10, una materia prima carbonosa se mezcla con una corriente de gas que comprende un gas que contiene oxígeno y / o vapor, y tiene lugar una reacción exotérmica rápida en la que la materia prima carbonosa se convierte en un primer producto de mezcla que comprende vapor, gas de síntesis, gases intermedios y subproductos arrastrados, como las cenizas. La ceniza está compuesta por el contenido mineral no combustible de la materia prima carbonosa. La temperatura de la primera etapa se mantiene por encima del punto de fusión de las cenizas. De esta manera, las cenizas que se forman se funden y aglomeran para formar un líquido viscoso conocido como escoria. La escoria cae al fondo de la primera etapa 30, fluye a través de una piqueta 20, en la que se enfría con agua y se dirige a un sistema de procesamiento de escoria (no mostrado) para su eliminación final.

55

La reacción de combustión primaria en la primera etapa es



5 que es altamente exotérmica. Eleva la temperatura del gas de síntesis en la primera etapa entre 1093,3°C (2000°F) y 1926,7°C (3500°F). El calor producido en la sección inferior 30 del reactor y transportado hacia arriba con la corriente de gas se utiliza para el proceso de pirólisis que tiene lugar en la sección superior del reactor sin combustión 40, incluyendo la vaporización del agua de alimentación, la reacción carbono - vapor y la reacción agua - gas entre CO y H₂O. La reacción carbono - vapor forma CO y H₂, aumentando de esta manera el rendimiento de estos gases 10 utilizables. El vapor utilizado durante el proceso de gasificación puede generarse a partir de la unidad de recuperación de calor 180, que a su vez obtiene su calor del gas de síntesis caliente que sale de la segunda etapa 40 del gasificador 10.

15 En la realización que se muestra en la figura 1, la materia prima sólida se pulveriza antes de entrar en un sistema de alimentación 100 como, por ejemplo, un sistema de tolva con cierre. La corriente sólida pulverizada que comprende material carbonoso en partículas procedente del sistema de alimentación 100 se inyecta en la sección superior 40 del reactor de gasificación 10 a través del dispositivo de alimentación 80 y / o 80a. En ciertas realizaciones alternativas (no representadas) se pueden utilizar dispositivos de alimentación alternativos, tales como, pero no limitados a, sistemas de alimentación de lodos, para añadir materia prima al reactor de gasificación.

20 Las condiciones físicas de la reacción en la segunda etapa del proceso de gasificación en la sección superior 40 del reactor se controlan para asegurar una rápida gasificación y calentamiento de la materia prima por encima de su rango de plasticidad. Una vez dispersada en la sección superior, la materia prima entra en contacto con el gas de síntesis caliente que sale de la sección inferior 30 del reactor de gasificación. El material carbonoso se seca y una parte se gasifica por medio de reacciones de pirólisis tales como la reacción de vapor de carbono (C + H₂O → CO + H₂), por lo que se produce H₂ y CO. Como las reacciones de pirólisis son endotérmicas, la temperatura de la mezcla 25 del material carbonoso y el gas de síntesis disminuye a medida que la mezcla asciende por la sección superior 40 del reactor. En el momento en que el producto de la mezcla de gas de síntesis crudo sale de la parte superior de la sección 40 del gasificador 10, la temperatura de la mezcla de gas de síntesis crudo disminuye a entre 260°C (500°F) y 1371,1°C (2500°F), pero más preferentemente entre 371,1°C (700°F) y 1093,3°C (2000°F).

30 De acuerdo con una realización que se muestra en la figura 1, la mezcla de gas de síntesis bruto que comprende partículas sólidas y una corriente de producto gaseoso sale de la sección superior 40 del reactor y se envía opcionalmente a un dispositivo de recuperación de calor 90 para reducir la temperatura de la mezcla de gas de síntesis bruto antes de su limpieza. La temperatura de funcionamiento de la zona de recuperación de calor se ajusta y controla para que la temperatura final de la corriente combinada de productos de la mezcla de la segunda etapa y la corriente sólida que comprende material carbonoso en partículas, que salen de la unidad de secado 120, se encuentre entre 148,9°C (300°F) y 648,9°C (1200°F), preferentemente entre 204,4°C (400°F) y 537,8°C (1000°F), y más 35 preferentemente entre 260°C (500°F) y 315,6°C (600°F).

40 Los dispositivos de recuperación de calor que son útiles para la presente invención son conocidos en la técnica, y pueden ser, pero no se limitan a, una caldera de tipo de calor radiante, una caldera de tubos de agua o una caldera de tubos de combustión. En otras realizaciones, la zona de recuperación de calor 90 puede comprender un gas de síntesis reciclado en frío como gas de enfriamiento. Al salir del dispositivo de recuperación de calor, la temperatura del segundo producto de la mezcla se encuentra entre 260°C (500°F) y 1371,1°C (2500°F).

45 La mezcla de gas de síntesis crudo enfriado se dirige entonces a un dispositivo de separación inicial 50 que divide la mezcla en una corriente de producto sólido y una segunda corriente de producto gaseoso. Este dispositivo de separación inicial 50 puede comprender un ciclón de eliminación de partículas, cuyo diseño y uso es comúnmente conocido en la técnica. La segunda corriente de producto gaseoso contiene una cantidad reducida de las partículas sólidas originalmente presentes en la mezcla de gas de síntesis crudo. La corriente de producto sólido, que comprende el producto carbonoso, sale del dispositivo de separación 50 y se recicla de nuevo a la sección inferior 30 del reactor del gasificador 10 a través de los dispositivos de dispersión 60 y / o 60a, en los que la corriente de producto sólido se mezcla con el oxidante gaseoso (y / o vapor a alta presión) en la primera etapa 30 del reactor 10.

50 Haciendo referencia además a la figura 1, la segunda corriente de producto gaseoso que sale del dispositivo de separación 50 comprende hidrógeno, monóxido de carbono, una pequeña cantidad de metano, sulfuro de hidrógeno, amoníaco, nitrógeno, dióxido de carbono y una corriente de sólidos residuales que comprende partículas sólidas más pequeñas de producto carbonoso. Estas partículas sólidas más pequeñas son comúnmente retiradas aguas abajo del dispositivo de separación inicial 50 por una unidad de filtración de partículas 110. La unidad de filtración de partículas puede comprender un filtro de bolsa o un filtro de vela, y el uso de estos filtros es comúnmente conocido 55 en la técnica. Preferentemente, la unidad de filtración comprende un filtro de vela, que contiene una serie de unida-

des de filtrado que comúnmente tienen la forma de una serie de tubos alargados. Los medios de filtración de las unidades de filtrado utilizadas pueden comprender una variedad de composiciones químicas, tales como, pero no limitadas a, carburo de silicio, carburo de silicio ligado a arcilla, mullita / alúmina, cordierita, aluminosilicatos, nitruros de silicio, silicatos de calcio, o aleaciones tales como aluminuros de hierro, hastalloy, incoloy o acero inoxidable.

5 Después de un período de tiempo, las partículas sólidas más pequeñas de producto carbonoso se acumulan en los elementos filtrantes del dispositivo de filtración, formando de esta manera una "torta de filtro" que aumenta la resistencia al paso del gas a través de los filtros. Para mantener el flujo de gas, una práctica común es introducir un pulso de alta presión de gas hacia atrás a través de los filtros (conocido como "retropulsación"), desalojando de esta manera al menos una parte de la torta del filtro, pero preferiblemente la mayor parte de la torta de filtro. El evento de
10 retropulsación también puede desalojar una parte, pero preferiblemente la mayor parte, del agente fundente. La torta de filtro desprendida y el agente fundente caen por fuerza gravitatoria a un recipiente de retención situado en la parte inferior de la unidad de filtración de partículas 110, y forman una mezcla que a continuación se retira por cualquiera de los diversos mecanismos comúnmente conocidos en la técnica, como, por ejemplo, una esclusa de aire rotativa. A continuación, la mezcla se combina con la corriente de partículas sólidas eliminadas por el dispositivo de
15 separación inicial 50, y se transporta neumáticamente por medio de tuberías de vuelta a la primera etapa 30 del gasificador 10. El gas utilizado para transportar neumáticamente la citada mezcla puede ser un gas de síntesis crudo enfriado a alta presión.

Como se ha mencionado, la retropulsación periódica desaloja, o elimina, al menos una porción del agente fundente de los elementos filtrantes. El agente fundente eliminado se repone mediante la adición de nuevo agente fundente
20 inmediatamente antes de la unidad de filtración de partículas 110. Esta adición puede ser continua o periódica. En ciertas realizaciones, la adición periódica de agente fundente puede producirse en primer lugar durante un período de acondicionamiento inmediatamente posterior a la sustitución de los elementos filtrantes en la unidad de filtración de partículas 110. Las adiciones periódicas subsiguientes de agente fundente pueden sincronizarse para seguir inmediatamente un evento de retropulsión, con el fin de ayudar a reacondicionar rápidamente los elementos filtran-
25 tes reemplazando el agente fundente desalojado de los elementos filtrantes por la retropulsación.

Periódicamente, los elementos filtrantes de la unidad de filtración de partículas 110 deben ser reemplazados. El medio filtrante de los nuevos elementos filtrantes de reemplazo tiene un tamaño de poro que permite el paso de
30 algunas partículas de producto carbonoso más pequeñas. Por lo tanto, los elementos filtrantes recién instalados suelen someterse a un periodo de "acondicionamiento" en el que se reduce el flujo de gas a través del dispositivo de filtración de partículas y se deja que se acumule una fina capa de torta filtrante sobre los elementos. El objetivo de este periodo de acondicionamiento es disminuir la permeabilidad posterior de los filtros a las partículas de producto carbonoso arrastradas, manteniendo la permeabilidad al gas de síntesis. Una vez completado el acondicionamiento de los elementos filtrantes, el caudal de gas del dispositivo de eliminación de partículas se incrementa hasta alcan-
35 zar el caudal normal. Sin embargo, este proceso suele llevar un tiempo excesivo y las partículas más pequeñas de producto carbonoso suelen infiltrarse profundamente en los poros de los medios de filtración, de manera que restringen en exceso la permeabilidad de los filtros al gas. Además, estas partículas de producto carbonoso profundamente infiltradas a menudo no pueden ser eliminadas mediante la retropulsación del filtro.

En ciertas realizaciones, el acondicionamiento de los elementos filtrantes recién instalados se lleva a cabo más rápidamente añadiendo en primer lugar un agente fundente grueso de tamaño selectivo en la corriente de gas de síntesis bruto inmediatamente aguas arriba 150 de la unidad de filtración de partículas 110, y aguas abajo del dispositivo de separación 50. La composición del material y el tamaño de las partículas del agente fundente se ajustan en relación con el tamaño de los poros del medio de filtración, de manera que las partículas se acumulan predominantemente en la superficie de los poros del medio de filtración, o cerca de ella, inhibiendo de esta manera la posterior penetración profunda de los poros del medio de filtración por partículas más pequeñas de producto carbonoso. El tamaño de las partículas de la ayuda del filtro o del acondicionador del filtro es mayor que la abertura de los poros del filtro, pero lo suficientemente pequeño como para que pueda ser fácilmente arrastrado en la corriente de gas. El tamaño de las partículas también debe ser tal que la abertura de los poros de la torta de filtro resultante sea menor que el tamaño medio de las partículas a filtrar. Se evitan los tamaños submicrónicos, y un rango de tamaño aproxima-
40 do de 5 - 30 micras es acorde con el proceso reivindicado. Una vez que se ha completado el acondicionamiento de los elementos filtrantes, la acumulación posterior de la torta de filtro se produce predominantemente sobre la primera capa de torta de filtro formada por el agente fundente depositado, siendo de esta manera más fácil de desplazar por medio de eventos periódicos de retropulsación.

La adición de un agente fundente grueso también puede servir para capturar y eliminar ciertas trazas de contaminantes o metales volátiles, tales como el arsénico y el germanio, entre otros. Sin embargo, el rango de tamaño de partícula relativamente grueso del agente fundente que se añade (5 - 30 micras de diámetro) está diseñado principalmente para funcionar como agente acondicionador de los elementos filtrantes de la unidad de filtración de partículas 110.

El gas de síntesis que sale de la unidad de filtración de partículas 110 estará esencialmente libre de partículas, y puede ser fácilmente procesado posteriormente por el proceso de purificación convencional, incluyendo, pero no limitado a, la eliminación de gas ácido y la recuperación de azufre. Mientras tanto, la mezcla de sólidos que sale de la unidad de filtración de partículas 110 comprende cenizas solidificadas, producto carbonoso y agente fundente, y esta mezcla se combina con la corriente de producto sólido 70 que sale del dispositivo de separación inicial 50. Los sólidos combinados se reciclan retornando a la primera etapa del reactor utilizando un gas de alta presión (que puede comprender gas de síntesis) como fuerza motriz. Los sólidos reciclados pueden añadirse a la sección inferior que ha sufrido combustión 30 por medio de los dispositivos de dispersión 60 y / o 60a como materia prima para la primera etapa de reacción. Estos dispositivos de dispersión pueden mezclarse opcionalmente en un gas que contenga oxígeno y / o vapor para impulsar el proceso de gasificación de la primera etapa, produciendo de esta manera productos de mezcla que incluyen el gas de síntesis crudo y el calor necesario para el proceso de la segunda etapa que tiene lugar dentro de la sección superior sin combustión 40 (como se ha descrito más arriba). Cualquier gas que contenga al menos un 20 por ciento de oxígeno puede ser utilizado como el gas que contiene oxígeno alimentado a la sección inferior 30 del reactor. Los gases que contienen oxígeno preferidos son el oxígeno, el aire y el aire enriquecido con oxígeno.

Las condiciones físicas de la reacción en la primera etapa del proceso en la sección inferior 30 del reactor son controladas y mantenidas para asegurar una rápida gasificación del producto carbonoso reciclado a temperaturas que exceden el punto de fusión de la ceniza producida por la gasificación del producto carbonoso. Al hacerse de esta manera, se crea una escoria fundida a partir de la ceniza fundida que tiene una viscosidad no mayor de aproximadamente 25 Pa·s (250 poises), pero más preferiblemente menos de 10 Pa·s (100 poises). La adición de agente fundente a la sección inferior 30 del reactor de gasificación 10 a través del reciclaje del producto carbonoso a la primera etapa del reactor de gasificación sirve para disminuir el punto de fusión así como la viscosidad de la escoria cuando sea necesario, asegurando de esta manera un drenaje adecuado de la escoria a través de la piqueta en la parte inferior de la sección inferior 30.

El uso de agentes fundentes en los procesos de gasificación es común en la técnica, y los minerales más comúnmente utilizados para este propósito incluyen la piedra caliza (CaCO_3), y la cal viva (CaO), MgO , arcilla, silicatos, boratos, cenizas volantes, escoria, y mezclas de los mismos. Existen relaciones matemáticas que ayudan a calcular la cantidad adecuada de agente fundente requerido, ya que la cantidad y la mezcla óptimas de agente fundente requeridas cambian en función de la composición de la materia prima. En un capítulo del libro de Benson y Sondreal se trata este tema con detalle.

Una ventaja de añadir indirectamente el agente fundente al reactor de gasificación 10 combinándolo con el producto carbonoso que se recicla de nuevo a la sección inferior 30 es que esto elimina la necesidad de premezclar el agente fundente dentro de la materia prima carbonosa antes de añadir la mezcla a la primera etapa 30 del reactor de gasificación 10. De este modo, la materia prima no se diluye con el agente fundente, y se maximiza la velocidad a la que la materia prima puede ser alimentada al reactor de gasificación.

El combustible a utilizar en la presente invención puede ser cualquier material carbonoso razonablemente finamente dividido, y puede emplearse cualquiera de los procedimientos conocidos para reducir el tamaño de las partículas sólidas, incluyendo el uso de molinos de bolas, barras y martillos. Aunque el tamaño de las partículas no es crítico, se prefieren las partículas de carbón finamente divididas. Preferiblemente, el material carbonoso en partículas es carbón que incluye, pero no se limita a, lignito, carbón bituminoso, carbón sub-bituminoso, o cualquier combinación de los mismos. Otros materiales carbonosos que pueden utilizarse son el coque de carbón, carbón, los residuos de la licuefacción del carbón, carbón en partículas, el coque de petróleo, los sólidos carbonosos derivados del esquisto bituminoso, las arenas bituminosas, la brea, la biomasa, los lodos concentrados de alcantarillado, productos de basura, el caucho y sus mezclas. Los materiales que se han mencionado más arriba pueden estar en forma de sólidos triturados y, para un mejor manejo de los materiales y de las características de la reacción, tales como lodos que se pueden bombear en un portador líquido.

Como se utiliza en la presente memoria descriptiva, el término "grosso" se define como que es mayor que la abertura de los poros de los elementos filtrantes del dispositivo de filtración de partículas, pero lo suficientemente pequeño como para ser fácilmente arrastrado en la corriente de gas. Un flujo de partículas gruesas tiene un rango de tamaño medio de 5 - 30 micras.

Como se utiliza en la presente memoria descriptiva, el término "acondicionamiento" se refiere a la deposición de una fina capa de partículas sobre, o dentro de los poros de un medio de filtración para disminuir la posterior permeabilidad del medio de filtración a partículas más pequeñas, manteniendo la permeabilidad al gas.

Como se utiliza en la presente memoria descriptiva, el término "syngas" es sinónimo del término "gas de síntesis" o un gas que se produce en un reactor de gasificación a partir de una materia prima carbonosa, que comprende H_2 y CO como componentes principales.

Como se utiliza en la presente memoria descriptiva, el término "producto carbonoso" se refiere al material carbonoso parcialmente reaccionado y a las partículas de ceniza que permanecen arrastradas dentro de un gas de síntesis crudo producido por un sistema de gasificación.

5 Como se utiliza en la presente memoria descriptiva, el término "ceniza" es sinónimo de "ceniza volante", y se refiere al contenido mineral de la materia prima carbonosa que queda tras la gasificación del material carbonoso. Por encima de la temperatura de fusión de las cenizas, éstas se funden para dar lugar a escorias fundidas.

El alcance de la protección de la patente no pretende estar limitado por la descripción que se ha expuesto más arriba, sino que sólo está limitado por las reivindicaciones.

Ejemplo hipotético 1:

10 El siguiente ejemplo no pretende limitar el alcance de la invención, sino ilustrar ciertas características de una realización. Se inyecta una mezcla de arcilla de caolín y piedra caliza con un tamaño medio de partícula de 15 micras en la corriente de gas de síntesis bruto aguas abajo del ciclón (dispositivo de separación inicial) y aguas arriba de la unidad de filtración de partículas. El tamaño medio de las restantes partículas de producto carbonoso arrastradas a la salida del ciclón suele ser de 1 - 2 micras. La granulometría gruesa del aditivo impide que las partículas finas submicrónicas de producto carbonoso se alojen y se incrusten en el poro del filtro, provocando de esta manera el taponamiento del mismo. Las partículas de caolín y de piedra caliza pueden capturar y eliminar simultáneamente ciertas trazas de contaminantes o metales volátiles, tales como el arsénico y el germanio, entre otros. La mezcla de producto carbonoso, caolín y piedra caliza, tras ser separada por el filtro de la corriente de gas de síntesis, se transporta y se inyecta en el gasificador de escorificación. El producto carbonoso se consume en el proceso de gasificación y se convierte en gas de síntesis útil, mientras que el caolín y la piedra caliza reaccionan con los componentes de la ceniza de la materia prima carbonosa (como, por ejemplo pero sin limitación, el carbón o el coque de petróleo) para formar una mezcla de escoria fundida que fluye libremente y que se drena por una piquera situada en el punto más bajo del gasificador. En este ejemplo, la adición de piedra caliza disminuye el punto de fusión de la escoria (reduciendo de esta manera la viscosidad a las temperaturas de gasificación), mientras que el caolín proporciona una matriz de silicato vítreo para hacer que la escoria sea relativamente inerte y no se lixivie. La cantidad de caolín y piedra caliza añadida se ajusta en función de la composición de las cenizas de la materia prima carbonosa. La viscosidad de la escoria se controla y la adición de agente fundente antes de la unidad de filtración de partículas se ajusta en consecuencia. Si la escoria fundida es demasiado viscosa, se añade más fundente hasta reducir la viscosidad. Preferentemente, la viscosidad final de la escoria tras la adición del fundente es inferior a 25 Pa·s(250 poises), pero más preferentemente, inferior a 10 Pa·s(100 poises).

15

20

25

30

REIVINDICACIONES

1. Un proceso mejorado para la gasificación de un material carbonoso, que comprende:
 - a. proporcionar un reactor de gasificación (10), en el que el citado reactor convierte la materia prima carbonosa para producir un producto de mezcla que comprende una primera corriente de producto gaseoso y producto carbonoso, en el que la citada corriente de producto gaseoso comprende H₂ y CO;
 - b. hacer pasar la citada mezcla de productos a través de un dispositivo de separación inicial (50), mediante el cual se elimina la mayor parte del citado producto carbonoso de la citada corriente de productos gaseosos;
 - c. introducir un agente fundente de partículas gruesas en la corriente de producto gaseoso aguas abajo del citado dispositivo de separación inicial (50), en el que el citado agente fundente de partículas gruesas tiene un rango de tamaño medio de 5 - 30 micras;
 - d. proporcionar una unidad de filtración de partículas (110) que comprende una pluralidad de elementos filtrantes aguas abajo del punto de introducción del citado agente fundente de partículas gruesas, en el que un medio de filtración de la pluralidad de elementos filtrantes, cuando es nuevo, tiene un tamaño de poro que permite el paso de partículas más pequeñas de producto carbonoso pero es más pequeño que el tamaño de las partículas del agente fundente de partículas gruesas;
 - e. depositar una fina capa del agente fundente sobre y dentro de los poros de los elementos filtrantes, acondicionando de esta manera los elementos filtrantes y disminuyendo la subsiguiente permeabilidad de los elementos filtrantes a las partículas de producto carbonoso arrastradas, al tiempo que se maximiza la permeabilidad de los elementos filtrantes al gas de síntesis;
 - f. retirar periódicamente una mezcla que comprende torta de filtro de los elementos filtrantes mediante retropulsación, en la que la citada torta de filtro comprende agente fundente de partículas gruesas y producto carbonoso y
 - g. formar una mezcla que comprenda el producto carbonoso eliminado de la etapa b) y la torta de filtro eliminada de la etapa f), y a continuación dirigir esta mezcla al reactor de gasificación (10) de la etapa a).
2. El proceso de la reivindicación 1,

en el que el citado agente fundente de partículas gruesas ayuda a la eliminación de la escoria fundida del reactor (10) al disminuir el punto de fusión y la viscosidad de la escoria fundida en el reactor de gasificación (10).
3. El proceso de la reivindicación 1,

en el que el agente fundente de partículas gruesas de la etapa (d) comprende piedra caliza, óxido de magnesio, arcilla, silicatos, boratos, cenizas volantes, escorias o mezclas de los mismos.
4. El proceso de la reivindicación 1, que comprende una etapa de pasar el citado producto de mezcla de la etapa (a) a una zona de recuperación de calor antes de la etapa (b), en el que la citada zona de recuperación de calor comprende un dispositivo de recuperación de calor (90) seleccionado de un grupo que consiste en una caldera de tipo de calor radiante, una caldera de tubos de agua, una caldera de tubos de combustión y combinaciones de las mismas.
5. El proceso de la reivindicación 1 - 4, en el que el reactor de gasificación (10) de la etapa (a) comprende una primera y una segunda etapa, y en el que:

la primera etapa comprende la combustión parcial, en una sección inferior (30), de una corriente sólida que comprende materia prima carbonosa en partículas con una corriente de gas que comprende un gas que contiene oxígeno para producir calor y un primer producto de mezcla que comprende gas de síntesis, producto carbonoso y escoria fundida; y

la segunda etapa comprende la pirólisis, en una sección superior (40), del citado primer producto de mezcla con una primera corriente de lodo que comprende material carbonoso en partículas en un portador líquido para producir un segundo producto de mezcla que comprende gas de síntesis y producto carbonoso, y

en el que el enrutamiento de la mezcla que comprende el producto carbonoso retirado de la etapa b) y la torta de filtro retirada de la etapa f) al reactor de gasificación (10) de la etapa a) comprende:

conducir el producto carbonoso retirado de la citada corriente de producto gaseoso;

conducir la mezcla que comprende la torta filtrante retirada de los elementos filtrantes;

combinar el producto carbonoso extraído de la citada corriente de producto gaseoso y la mezcla que comprende la torta filtrante extraída de los elementos filtrantes; e

5 alimentar en la sección inferior (30) del reactor de gasificación (10) un producto de mezcla que comprende el producto carbonoso combinado y la mezcla que comprende la torta de filtro.

6. Un sistema para la gasificación de un material carbonoso, que comprende:

a. un reactor (10) para la gasificación de una corriente sólida que comprende materia prima carbonosa en partículas para producir calor y un producto de mezcla que comprende gas de síntesis y producto carbonoso;

10 b. un primer dispositivo de separación (50) para separar el citado producto de mezcla de la parte a) para crear una corriente de producto gaseoso y una primera corriente de producto sólido que comprende producto carbonoso;

c. Un agente fundente de partículas gruesas con un tamaño medio de 5 - 30 micras;

15 d. un punto de entrada para la adición del agente fundente de partículas gruesas aguas abajo del dispositivo de separación inicial (50) de la parte b);

e. una unidad de filtración de partículas (110) que comprende una pluralidad de elementos filtrantes para filtrar la corriente de producto gaseoso de la parte (b) y el agente fundente de partículas gruesas de la parte (c) para retener las partículas residuales de producto carbonoso, creando de esta manera una segunda corriente de producto sólido mientras se permite el paso de la citada corriente de producto gaseoso de la parte (b); en la que el tamaño de las aberturas de los poros de la pluralidad de elementos filtrantes es menor que el tamaño de las partículas del agente fundente de partículas gruesas;

20

f. Tubería para conducir la primera y la segunda corriente de sólidos, que tiene:

una primera terminal en el dispositivo de separación inicial (50) de la parte b) para conducir la primera corriente de producto sólido de la parte b),

25 una segunda terminal en la unidad de filtración de partículas (110) de la parte (c) para conducir la segunda corriente de producto sólido,

un conector para combinar los flujos de productos sólidos primero y segundo,

30 una tercera terminal en el reactor de gasificación (10) para permitir la entrada en el reactor de un producto de mezcla que comprenda la primera y la segunda corrientes de productos sólidos, y el agente fundente de partículas gruesas de la parte c).

7. El sistema de la reivindicación 6, que comprende un dispositivo de recuperación de calor (90) colocado aguas arriba del dispositivo de separación inicial (50) de la parte (b), en el que el citado dispositivo de recuperación de calor (90) se selecciona del grupo que consiste en una caldera de tipo calor radiante, una caldera acuotubular, una caldera piro-tubular y combinaciones de las mismas.

35 8. El sistema de la reivindicación 6 o 7, en el que el reactor comprende:

i. una sección inferior del reactor (30) para la combustión parcial de una corriente sólida que comprenda materia prima carbonosa en partículas con una corriente de gas que comprende un gas que contiene oxígeno para producir calor y un primer producto de mezcla que comprende gas de síntesis, producto carbonoso y escoria fundida; y

40 ii. una sección superior del reactor (40) para pirolizar el citado producto de mezcla de la parte (i) con una primera corriente de lodo que comprende material carbonoso en partículas en un portador líquido para producir un segundo producto de mezcla que comprende gas de síntesis y producto carbonoso ; y

en el que

45 el dispositivo de separación inicial (50) sirve para separar el citado segundo producto de mezcla de la parte (ii) para crear una corriente de producto gaseoso y una primera corriente de producto sólido que comprende producto carbonoso; y

el tercer extremo está situado en la sección inferior del reactor (30) de la parte (i) para permitir la entrada en el reactor (10) de un producto de mezcla que comprende las corrientes de productos sólidos primera y segunda, y el agente fundente de partículas gruesas de la parte (c).

- 5
9. El sistema de la reivindicación 8 cuando depende de la reivindicación 6, en el que el dispositivo de separación inicial (50) comprende un ciclón, y la unidad de filtración de partículas (110) comprende un filtro de velas.
 10. El sistema de la reivindicación 6, configurado para añadir periódicamente el agente fundente de partículas gruesas a través del punto de entrada.
 11. El sistema de la reivindicación 6, en el que el punto de entrada (150) está inmediatamente aguas arriba de la unidad de filtración de partículas (110) y aguas abajo del dispositivo de separación (50).

10

FIG. 1

