

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 804 520**

51 Int. Cl.:

C10J 3/46 (2006.01)

C10K 1/28 (2006.01)

C10J 3/84 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.06.2013 PCT/US2013/047851**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.01.2014 WO14004646**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.06.2013 E 13810468 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.04.2020 EP 2875103**

54 Título: **Gasificación en dos etapas con enfriamiento rápido dual**

30 Prioridad:

26.06.2012 US 201261664415 P

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

08.02.2021

73 Titular/es:

**LUMMUS TECHNOLOGY INC. (100.0%)
1515 Broad Street
Bloomfield NJ 07003-3096, US**

72 Inventor/es:

**KEELER, CLIFTON, G.;
WILLIAMS, CHANCELOR, L. y
BUSTAMANTE, IVAN, O.**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 804 520 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

Gasificación en dos etapas con enfriamiento rápido dual

5 La presente invención se refiere a un sistema y procedimiento de gasificación que convierte materia prima carbonosa en productos gaseosos deseables como un gas de síntesis. Más específicamente, la presente descripción se refiere a sistemas y procedimientos mejorados que reducen el coste y complejidad del diseño y aumentan la reproducibilidad, mientras se mantiene la eficacia de un sistema de gasificación de lecho de arrastre en dos etapas. Esto se consigue al implementar un enfriamiento rápido químico seguido de un segundo enfriamiento rápido del gas de síntesis crudo.

Antecedentes

10 La presente invención se refiere a un sistema y procedimiento de gasificación para convertir generalmente materia prima sólida como un material carbonoso en productos gaseosos deseables como un gas de síntesis. Los procedimientos de gasificación se usan ampliamente para convertir materias primas sólidas o líquidas como carbón, coque de petróleo y residuo de petróleo en gas de síntesis. El gas de síntesis (o syngas en inglés) comprende principalmente gas hidrógeno y monóxido de carbono, y ambos se usan para generar energía, al igual que una materia prima para producir productos químicos que incluyen metanol, amoníaco, gas natural sintético y carburantes sintéticos para transporte.

15 Los tres tipos básicos de procedimientos que existen para la gasificación de materiales carbonosos incluyen: (1) gasificación sobre lecho fijo, (2) gasificación sobre lecho fluidizado y (3) gasificación sobre lecho en suspensión/de arrastre. La mayoría de los procedimientos de gasificación avanzados en uso hoy en día, utilizan gasificación sobre lecho en suspensión o de arrastre. La presente invención se refiere a un sistema y procedimiento de gasificación sobre lecho de arrastre para gasificar materiales carbonosos.

20 La gasificación sobre lecho en suspensión/de arrastre puede definirse adicionalmente por tener una o dos etapas para la entrada de materia prima. Todos los diseños de reactores de gasificación incluyen una primera etapa en reactor en donde se alimentan una materia prima carbonosa y un oxidante y se queman parcialmente para crear productos que comprenden gas de síntesis y escoria. El gas de síntesis crudo resultante contiene habitualmente solamente un nivel residual de alquitranes volátiles. El gas de síntesis crudo que sale de estos procedimientos de gasificación de una única etapa a menudo está a una temperatura que excede 1371 °C (2500 °F), y requiere que se retire gran parte del calor sensible en el gas antes de una limpieza o uso adicionales. Esto se consigue típicamente mediante intercambio de calor en una unidad de recuperación de calor a alta temperatura (HTHRU por sus siglas en inglés), al enfriar rápidamente con gas de síntesis frío, o mediante enfriamiento rápido directo con agua.

25 En algunos procedimientos de gasificación en dos etapas, se utiliza una alternativa, enfriamiento rápido químico para recuperar calor del gas de síntesis crudo, mientras aumenta simultáneamente el valor de calentamiento del gas sintético. Este enfriamiento rápido químico incluye una segunda etapa de gasificación, en donde una segunda parte de materia prima carbonosa reacciona en un entorno pobre en oxígeno con la mezcla de gas de síntesis crudo creado en la primera etapa. El calor generado en la primera etapa promueve reacciones químicas endotérmicas en la segunda etapa para generar gas de síntesis adicional de esta segunda parte de la materia prima. Alimentar la segunda parte de materia prima al reactor en forma de suspensión con agua también ayuda a aumentar el valor de calentamiento del gas de síntesis producto, mientras sirve de manera adicional para enfriar rápidamente la temperatura del gas de síntesis crudo, disminuyendo así la cantidad de calor que debe recuperarse posteriormente en una unidad de recuperación de calor a alta temperatura (HTHRU). Una desventaja de tales procedimientos de gasificación en dos etapas es que a menudo dan como resultado un nivel más alto de alquitranes volátiles en el gas de síntesis crudo versus los procedimientos de una etapa. Estos alquitranes deben retirarse para prevenir emisiones perjudiciales para el medioambiente, al igual que la suciedad del equipo del procesamiento del gas de síntesis corriente abajo (incluida la HTHRU). Una solución que se ha utilizado para eliminar tales alquitranes es dirigir primero el gas de síntesis crudo a través de un recipiente de tiempo de residencia que permite un tiempo de residencia suficiente a temperatura alta de los alquitranes para "craquearlos" térmicamente en compuestos hidrocarbonados más pequeños.

30 Tal como se ha mencionado anteriormente, para aumentar la eficacia del procedimiento de gasificación total, el calor sensible en el gas de síntesis crudo producido en ambos procedimientos de gasificación de una única etapa y en dos etapas se recupera a menudo usando una o más HTHRU. Sin embargo, estas unidades son caras de construir e instalar y requieren un mantenimiento regular para gestionar la suciedad. Para reducir costes, algunos fabricantes de los sistemas de gasificación de una única etapa tienen implementado alternativamente un enfriamiento rápido completo con agua del gas de síntesis crudo producido en su reactor de una única etapa como una forma de permitir la eliminación de la HTHRU. Sin embargo, implementar un enfriamiento rápido inmediato con agua es imposible en sistemas de gasificación en dos etapas por la necesidad de retirar los alquitranes residuales creados durante la pirolisis de la materia prima en suspensión añadida en la segunda etapa. El craqueo térmico de estos alquitranes requiere temperaturas por encima de aproximadamente 816 °C (1500 °F). Adicionalmente, toda el agua para enfriar rápidamente el gas de síntesis crudo crea "agua negra" contaminada que requiere procedimientos de limpieza caros para evitar la polución del medioambiente, y a menudo necesita que el gas de síntesis crudo enfriado rápidamente

sea recalentado antes de otra limpieza y conversión agua-gas del gas de síntesis para aumentar el contenido de hidrógeno.

5 El documento US 6 141 796 A describe un aparato para quemar carburante carbonoso, para la producción de energía eléctrica. El aparato comprende, en combinación interconectada, un gasificador en el cual se introduce una suspensión de carbón acuoso, un secador/separador de flujo en donde los materiales que salen del gasificador se secan y se separan en componente gaseoso y material seco en suspensión con alimentación de este último al gasificador, un dispositivo de enfriamiento/limpieza por el cual pasa el componente gaseoso del separador y el cual, cuando se limpia, procede a un procesamiento adicional, una unidad de generación por turbina de gas a su vez que comprende un compresor, etapa de expansión, y generador, y un mecanismo de cámara de combustión.

10 El documento US 2010/148122 A1 describe un sistema y procedimiento para gasificar materia prima carbonosa con adición gradual de suspensión con el fin de prevenir la formación de alquitrán que causa problemas de deposición. Se quema parcialmente el material carbonoso sólido seco, luego se piroliza con una primera corriente de suspensión que comprende material carbonoso, en dos secciones separadas del reactor, produciendo así mezclas de productos que comprenden gas de síntesis. La segunda corriente de suspensión que comprende material carbonoso en forma de partículas alimenta una unidad de secado corriente abajo de una zona de recuperación de calor junto con la mezcla de productos que sale de la zona de recuperación de calor.

15 Lo que se necesita son mejoras en los sistemas y procedimientos de gasificación en dos etapas que puedan simultáneamente: 1) reducir el coste requerido para construir e instalar tales sistemas, mientras se mantiene la eficacia, reduciendo así gastos operativos, 2) mantener niveles cercanos al cero de alquitrán en el gas de síntesis producido, 3) humedecer gas de síntesis en preparación para la conversión agua-gas sin recurrir al uso de vapor de agua del proceso, agua cara de alimentación del calentador, o enfriamiento rápido completo por inmersión, y 4) aumentar la reproducibilidad global del sistema, disminuyendo así el tiempo de parada.

Breve resumen de la descripción

25 Los procedimientos y sistemas descritos en este texto proporcionan un único enfriamiento rápido en dos etapas de gas de síntesis caliente producido por gasificación de un material carbonoso en forma de partículas. El primer enfriamiento rápido es predominantemente un enfriamiento rápido químico, en donde el calor emitido en una primera zona de reacción se utiliza para gasificar una parte adicional de la materia prima carbonosa vía una operación de desvolatilización predominantemente endotérmica y reacciones de pirolisis en una segunda zona de reacción. El segundo enfriamiento rápido se lleva a cabo después de que los alquitranes residuales (producidos durante el primer enfriamiento rápido) hayan sido craqueados térmicamente (o degradados), para evitar así que estos alquitranes ensucien el equipo para procesar corriente abajo o crear emisiones tóxicas.

30 Después del segundo enfriamiento rápido, los finos sólidos residuales, y materias en forma de partículas se retiran del gas de síntesis húmedo enfriado al conducir el gas de síntesis a través del dispositivo de filtración de materia en forma de partículas a una temperatura que es suficiente para prevenir la condensación de al menos un componente presente en el gas de síntesis enfriado, previniendo así la deposición del al menos un componente sobre las superficies del dispositivo de filtración de materia en forma de partículas. El al menos un componente puede ser, por ejemplo, agua, alquitranes volátiles residuales, o uno o más constituyentes de las cenizas.

35 Algunas realizaciones comprenden un procedimiento de gasificación no catalítica en dos etapas, que comprende: (a) introducir una materia prima carbonosa en forma de partículas en una sección inferior del reactor de un reactor de gasificación en dos etapas y quemarlo parcialmente con una corriente de gas que comprende un suministro de oxígeno seleccionado entre un grupo que consiste en gas que contiene oxígeno, vapor de agua, y sus mezclas, emitiendo así calor y formando una primera corriente de producto que comprende gas de síntesis y escoria fundida; (b) pasar el gas de síntesis de la etapa (a) a una sección superior del reactor del reactor de gasificación en dos etapas y ponerlo en contacto con una corriente que comprende una suspensión de materia prima carbonosa en forma de partículas en un vehículo líquido, formando así una segunda corriente de producto que comprende gas de síntesis y sólidos que comprenden cenizas y residuo carbonoso; (c) pasar la segunda corriente de producto a un reactor que se mantiene a una temperatura mayor de aproximadamente 816 °C (1500 °F), en donde el gas de síntesis reside en el reactor durante un tiempo que es suficiente para degradar térmicamente alquitranes volátiles presentes en el gas de síntesis, produciendo así un producto que comprende un gas de síntesis con alquitrán cercano a cero; (d) conducir el gas de síntesis con alquitrán cercano a cero directamente del reactor a un dispositivo de filtración de materia en forma de partículas a través de un conducto; (e) introducir una corriente de agua vía al menos una entrada localizada en el conducto y ponerla en contacto con el gas de síntesis con alquitrán cercano a cero, produciendo así un vapor de agua y un gas de síntesis húmedo enfriado, en donde la temperatura del gas de síntesis húmedo enfriado se mantiene por encima del punto de condensación del vapor de agua, pero menor de aproximadamente 649 °C (1200 °F); y (f) retirar finos sólidos residuales, y materias en forma de partículas del gas de síntesis enfriado al dirigir el gas de síntesis enfriado a través del dispositivo de filtración de materia en forma de partículas, produciendo así un gas de síntesis con poca materia en forma de partículas.

Opcionalmente, el procedimiento de la invención puede comprender adicionalmente el guiar el gas de síntesis con poca materia en forma de partículas a un reactor y hacer reaccionar al menos una parte del monóxido de carbono

presente en el gas de síntesis y el vapor de agua producido en la etapa (e) en presencia de un catalizador para producir dióxido de carbono y gas hidrógeno, produciendo así un gas de síntesis convertido.

Algunas realizaciones comprenden un sistema para la gasificación en dos etapas de una materia prima carbonosa en forma de partículas, comprendiendo el sistema: (a) un reactor de gasificación que comprende una sección superior del reactor y una sección inferior del reactor adaptada para operaciones a presiones superiores a aproximadamente 0.69 MPa (100 psig) y temperaturas superiores a aproximadamente 1093 °C (2000 °F), en donde la sección inferior del reactor está adaptada para introducir la materia prima carbonosa en forma de partículas y un gas que contiene oxígeno o vapor de agua y quemarla en él parcialmente para formar mezclas de productos, en donde el reactor de gasificación está adaptado para conducir la mezcla de productos de la sección inferior del reactor a la sección superior del reactor; en donde la sección superior del reactor está adaptada para introducir materia prima carbonosa en forma de partículas adicional en un vehículo líquido y combinarla con la mezcla de productos para producir endotérmicamente una corriente de producto que comprende gas de síntesis, residuo carbonoso, cenizas y alquitranes volátiles; (b) un recipiente de tiempo de residencia localizado corriente abajo del reactor de gasificación que está adaptado para aceptar la corriente de producto y operar a una presión superior a aproximadamente 0.69 MPa (100 psig) y una temperatura superior a aproximadamente 816 °C (1500 °F), y adaptado para proporcionar un tiempo de residencia suficiente de la corriente de producto conducida a su través para permitir una degradación térmica de la mayoría de los alquitranes volátiles presentes en el gas de síntesis con reducida materia en forma de partículas; (c) un conducto que comprende al menos una entrada que está localizada inmediatamente corriente abajo del recipiente de tiempo de residencia y conectado al recipiente de tiempo de residencia, en donde la al menos una entrada está adaptada para introducir una corriente de agua y mezclar la corriente de agua con el gas de síntesis con reducida materia en forma de partículas conducido a su través; (d) un dispositivo de filtración de materia en forma de partículas localizado inmediatamente corriente abajo del conducto y conectado al conducto, en donde el dispositivo de filtración de materia en forma de partículas está adaptado para retirar finos sólidos residuales, y materias en forma de partículas del gas de síntesis con reducida materia en forma de partículas que pasa a su través, produciendo así un gas de síntesis libre de materia en forma de partículas.

Opcionalmente, algunas realizaciones comprenden adicionalmente un reactor de conversión agua gas localizado corriente abajo del dispositivo de filtración de materia en forma de partículas y conectado al dispositivo de filtración de materia en forma de partículas, en donde el reactor de conversión comprende un catalizador y está adaptado para operar a una temperatura en un intervalo de aproximadamente 204 °F (400 °F) a 482 °C (900 °F), y para hacer reaccionar el monóxido de carbono y el vapor de agua presente en el gas de síntesis libre de materia en forma de partículas que pasa a su través, produciendo así un gas de síntesis convertido libre de materia en forma de partículas.

En las reivindicaciones dependientes se definen realizaciones adicionales.

Breve descripción de los dibujos

Se puede adquirir un entendimiento más completo de la presente invención y sus beneficios al referirse a la descripción siguiente junto con los dibujos que le acompaña en los cuales:

La Fig. 1 es un diagrama de flujo de un sistema convencional de gasificación en dos etapas.

La Fig. 2 es un esquema simplificado de una realización de la presente descripción.

La invención es susceptible de varias modificaciones y formas alternativas, sus realizaciones específicas se muestran como ejemplo en los dibujos. Los dibujos pueden no estar a escala. Se deberá entender que los dibujos y sus descripciones detalladas que le acompañan no pretenden limitar el alcance de la invención a la forma particular descrita, sino que, la intención es abarcar todas las modificaciones, equivalentes y alternativas que caen dentro del alcance de la presente invención como se define en las reivindicaciones adjuntas.

Descripción detallada

La descripción proporcionada en este texto pertenece a procedimientos y sistemas de gasificación no catalítica en dos etapas, en donde se quema parcialmente una primera cantidad de materia prima carbonosa en una primera etapa, para formar mezclas de productos (incluido gas de síntesis) que luego se conducen a una segunda etapa para ser conectados con una segunda cantidad de materia prima en un entorno pobre en oxígeno. Esta segunda etapa usa una parte del calor generado en la combustión en la primera etapa para generar gas de síntesis adicional en la segunda etapa, pero también da como resultado un nivel más alto de alquitranes volátiles en el gas de síntesis crudo comparado con procedimientos de gasificación en dos etapas.

Los detalles del procedimiento de gasificación son bien conocidos en la técnica, y además, están descritos en este texto solamente con el detalle requerido para describir totalmente la presente invención. En algunas realizaciones, la presente invención se basa en las descripciones de los documentos US4872886A, US7959829B2, y US8088188B2 y US8211191B2, al igual que las publicaciones de las solicitudes de patentes US2010/0251614A1, US2010/0181537A1 y US2010/0037518A1.

Para caracterizar mejor la descripción de la presente invención, se hace referencia primero a un sistema convencional con reactor de gasificación en dos etapas que comprende zonas de reacción primera y segunda (representado en la Fig.1). La sección inferior 30 del reactor define una primera zona de reacción, mientras una sección superior 40 del reactor define una segunda zona de reacción. La sección superior 40 del reactor sin someter a la llama del reactor 10 está unida directamente a la parte superior de la sección inferior 30 del reactor sin someter a la llama del reactor 10 de modo que la mezcla de productos de la primera zona de reacción se conduce directamente de la sección inferior 30 del reactor a la segunda zona de reacción de la sección superior 40 del reactor.

En este procedimiento y diseño convencionales de reactor de gasificación (Fig.1), la corriente 120 de producto que abandona la sección superior 40 del reactor del reactor 10 de gasificación se guía hasta un recipiente 90 de tiempo de residencia para la degradación/craqueo térmico de alquitrans volátiles sin reaccionar. Al salir del recipiente 90 de tiempo de residencia vía el conducto 97, el gas de síntesis entra en una Unidad 130 de Recuperación de Calor a Alta Temperatura (HTHRU) para enfriarlo adicionalmente mientras se genera simultáneamente un vapor de agua saturado a alta presión. En la HTHRU, el gas de síntesis se enfría a una temperatura de aproximadamente 316-427 °C (600-800 °F). Se suministra agua 160 de alimentación del calentador a alta presión a la carcasa del calentador, y el vapor de agua saturado sale de la carcasa del calentador a través de una serie de tuberías ascendentes 145. Al salir de la HTHRU, el gas de síntesis enfriado pasa a través de un dispositivo 175 de filtración de materia en forma de partículas para retirar residuo carbonoso y cenizas residuales y producir un gas de síntesis 200 libre de materia en forma de partículas.

Algunas realizaciones de la descripción actual comprenden también un sistema de gasificación en dos etapas de una materia prima carbonosa en forma de partículas. La Fig 2 ilustra una realización en mayor detalle. Se representa un sistema de reactor de gasificación que produce un gas de síntesis crudo mediante un procedimiento de gasificación en dos etapas. Típicamente, el reactor está adaptado para operaciones a presiones mayores de aproximadamente 0.69 MPa (100 psig) y temperaturas mayores de aproximadamente 1093 °C (2000 °F), aunque la presión puede alcanzar 8.30 MPa (1200 psig) y la temperatura de la operación hasta aproximadamente 1649 °C (3000 °F). La sección inferior del reactor comprende al menos dos dispositivos capaces de introducir una materia prima carbonosa en forma de partículas y gas que contiene oxígeno o vapor de agua. Tales dispositivos pueden ser, por ejemplo, dispositivos de dispersión que aquellos expertos en la técnica conocerán.

De manera similar al sistema y procedimiento representados en la Fig.1, el reactor de gasificación está adaptado para conducir la mezcla de productos de la sección 30 inferior del reactor hasta la sección superior 40 del reactor, y también está adaptado para introducir una segunda alimentación de materia prima carbonosa en forma de partículas en un vehículo líquido vía una o más entradas (80 y/o 80a). Tales entradas pueden ser un dispositivo de dispersión como se usa en la sección inferior del reactor, o un simple tubo de alimentación. La segunda alimentación se pone en contacto y se mezcla con la mezcla de productos que sube de la primera zona 30 de reacción para producir una segunda corriente de producto que comprende gas de síntesis, residuo carbonoso, cenizas y alquitrans volátiles. La sección superior del reactor comprende adicionalmente una salida y conducto 120 para conducir la segunda corriente de producto fuera de la sección superior 40 del reactor y hasta el recipiente 90 de tiempo de residencia.

El recipiente 90 de tiempo de residencia está adaptado para aceptar la corriente 120 de producto desde la sección 40 superior del reactor y proporcionar un tiempo de residencia suficiente a una temperatura que excede aproximadamente 816 °C (1500 °F) para la degradación/craqueo térmico de alquitrans volátiles sin reaccionar presentes en la corriente de gas crudo que pasa a su través. En algunas realizaciones el recipiente de tiempo de residencia puede remplazarse por un reactor que comprende uno o más catalizadores capaces de catalizar la destrucción del alquitrán, uno o más sorbentes capaces de adsorber alquitrán residual, o ambos. El gas de síntesis que abandona el recipiente 90 de tiempo de residencia comprende niveles despreciables de alquitrán, y por ello de ahora en adelante se nombrará como "gas de síntesis con alquitrán cercano a cero". El recipiente 90 de tiempo de residencia está diseñado para soportar presiones operativas que son similares a aquellas utilizadas en el reactor 10 de gasificación.

En la realización representada en la Fig. 2, un conducto 97 conduce el gas de síntesis con alquitrán cercano a cero directamente de la salida 90 del recipiente de tiempo de residencia hasta el dispositivo 175 de filtración de materia en forma de partículas. Un medio de enfriamiento rápido, como agua, se introduce vía al menos una entrada 210 localizada sobre este conducto 97 de conexión. La entrada 210 puede ser cualquier diseño que permita el paso del medio de enfriamiento rápido en un sistema presurizado. De acuerdo con el sistema de la presente invención, la entrada 210 está adaptada para introducir una corriente de agua y mezclar la corriente de agua con el gas de síntesis con reducida materia en forma de partículas conducido a través del conducto 97. Las boquillas pulverizadoras y dispositivos de dispersión que pueden llevar a cabo tal función están disponibles comercialmente y pueden ser implementados por un experto en la técnica.

El medio de enfriamiento rápido se pone en contacto con el gas de síntesis con alquitrán cercano a cero después de salir del recipiente 90 de tiempo de residencia y se conduce vía el conducto 97 al dispositivo 175 de filtración de materia en forma de partículas. El contacto directo entre el medio de enfriamiento rápido y el gas de síntesis con alquitrán cercano a cero aprovecha el calor latente de vaporización del medio de enfriamiento rápido al añadir intermitentemente el medio de enfriamiento rápido al vapor de agua, produciendo así un gas de síntesis húmedo

enfriado que tiene una temperatura en un intervalo de entre aproximadamente 288 °C (550 °F) y aproximadamente 649 °C (1200 °F). En algunas realizaciones, la temperatura del gas de síntesis húmedo enfriado está entre aproximadamente 316 °C (600 °F) y aproximadamente 593 °C (1100 °F). En algunas realizaciones, la temperatura del gas de síntesis húmedo enfriado está entre aproximadamente 232 °C (450 °F) y aproximadamente 538 °C (1000 °F).
 5 En algunas realizaciones, la temperatura del gas de síntesis húmedo enfriado está entre aproximadamente 288 °C (550 °F) y aproximadamente 510 °C (950 °F). En algunas realizaciones, la temperatura del gas de síntesis húmedo enfriado está entre aproximadamente 316 °C (600 °F) y aproximadamente 510 °C (950 °F).

Como referencia adicional a la Fig.2, el procedimiento de gasificación en el sistema de gasificación en dos etapas empieza en la primera zona de reacción (o sección inferior 30 del reactor), cuando una alimentación 60 y/o 60a carbonosa en forma de partículas se mezcla con una corriente de gas que comprende un gas 100 que contiene oxígeno y/o vapor de agua y tiene lugar una rápida reacción exotérmica en la cual una primera parte de alimentación de materia prima carbonosa sólida en forma de partículas se convierte en una primera mezcla de productos que comprende vapor de agua, hidrógeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono, metano, y materias arrastradas en forma de partículas como cenizas (véase Tabla 1). Las cenizas están formadas por el contenido mineral no combustible de la materia prima carbonosa. La temperatura de la sección inferior 30 del reactor se mantiene por encima del punto de fusión de las cenizas, lo que permite que las cenizas se fundan y se aglomeren para formar un líquido viscoso conocido como escoria. La escoria cae al fondo de la primera zona de reacción, fluye a través de un orificio 20 y por una cámara de enfriamiento rápido de escoria (no representada), después de lo cual se enfría rápidamente con agua y se dirige vía una salida para el procesamiento de la escoria y dispositivo final 115.

20 Las reacciones de combustión exotérmicas que suceden la sección inferior 30 del reactor alcanzan la temperatura de entre 1093 °C (2000 °F) y 1649 °C (3000 °F). Este calor se lleva corriente arriba hasta la segunda zona 40 de reacción (o sección superior del reactor) y proporciona calor para la desvolatilización y pirólisis, u opcionalmente, el secado de una segunda parte de materia prima carbonosa sólida en forma de partículas en un vehículo líquido que se introduce en la segunda zona 40 de reacción vía entradas 80 y/o 80a.

25 Las condiciones físicas en la segunda zona 40 de reacción se controlan para asegurar el calentamiento rápido de la materia prima carbonosa. Según entra la materia prima carbonosa en la sección 40 superior del reactor, entra en contacto con la primera corriente de producto caliente que sube de la primera zona de reacción (no representada). La materia prima se seca según se vaporiza el vehículo líquido, y una parte de la materia prima se gasifica vía reacciones endotérmicas como la reacción de carbono vapor de agua ($C + H_2O \rightarrow CO + H_2$) para producir una segunda corriente de producto que comprende gas de síntesis y sólidos que comprenden cenizas, y carbono desvolatilizado (residuo carbonoso). En algunas realizaciones, la segunda corriente de producto puede comprender adicionalmente materia prima seca sin reaccionar.

35 Como referencia adicional a la Fig.2, la segunda corriente de producto que sale de la zona superior 40 del reactor del reactor 10 de gasificación vía un conducto 120 comprende predominantemente monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), hidrógeno (H₂), agua (H₂O), metano (CH₄), cenizas, residuo carbonoso, y nitrógeno (N₂). La tabla 1 representa la composición típica de la corriente de gas de síntesis crudo producida por un gasificador convencional en dos etapas alimentado en forma de suspensión, de configuración E-Gas™ (perteneciente a Lummus Technology Inc.). La segunda corriente de producto comprende típicamente uno o más componentes no deseables (es decir, contaminantes) como, por ejemplo, alquitranes volátiles creados mediante reacciones endotérmicas que ocurren la zona de segunda etapa/segunda reacción.

Tabla 1

Componente	Componentes en la corriente de gas crudo (basado en el volumen total de corriente)		
	Intervalo amplio	Intervalo intermedio	Intervalo estrecho
H ₂	8 – 50% en vol	10 – 40% en vol	15 – 35% en vol
CO	10 – 75% en vol	15 – 60% en vol	25 – 50% en vol
CO ₂	1 – 40% en vol	5 – 30% en vol	7 – 20% en vol
H ₂ O	4 – 40% en vol	8 – 30% en vol	10 – 25% en vol
H ₂ S	0.001 – 5% en vol	0.1 – 2.5% en vol	0.5 – 2% en vol
CH ₄	0.05 – 10% en vol	0.1 a 7.5% en vol	0.5 a 5.0% en vol
COS	100 – 5000 ppmv	200 – 2500 ppmv	350 – 1500 ppmv
HCl	1 – 1000 ppmv	5 – 500 ppmv	10 – 100 ppmv

NH ₃	50 – 2500 ppmv	100 – 1750 ppmv	250 – 1500 ppmv
Otros (total)	< 2.5% en vol	< 2.0% en vol	< 1% en vol
Alquitranes volátiles	0 - 20 ppmv	2 - 10 ppmv	3 – 6 ppmv

Un beneficio de los procedimientos y sistemas descritos en este texto es que la corriente de agua utilizada como medio de enfriamiento rápido puede ser de calidad inferior al agua de alimentación del calentador que de lo contrario sería necesario para producir vapor de agua a alta presión en una HTHRU para inyectarlo en el reactor de conversión agua gas, o inmediatamente corriente arriba. Un agua de alta pureza debe alimentar una HTHRU para prevenir el ensuciamiento de las superficies de transferencia de calor. Eliminar la necesidad de una HTHRU aumenta la eficacia global del procedimiento y sistema al reducir la cantidad requerida de agua de alimentación del calentador de alta pureza, eliminando o reduciendo así el tamaño del equipo de tratamiento de agua que de lo contrario se necesitaría.

Como referencia adicional a la Fig.2, el gas de síntesis húmedo enfriado se conduce a través del conducto 97 a un dispositivo 175 de filtración de materia en forma de partículas para retirar finos sólidos residuales y materias en forma de partículas del gas de síntesis que pasa a su través, produciendo así un gas de síntesis 200 libre de materia en forma de partículas. La filtración puede conseguirse mediante medios convencionales de filtración, como, por ejemplo, un ciclón, filtro de bolsa o filtro de velas. El uso y construcción de estos dispositivos son convencionales, y una discusión más detallada está fuera del alcance de la descripción actual.

La conducción del gas de síntesis húmedo enfriado a través del dispositivo 175 de filtración de materia en forma de partículas se lleva a cabo a una temperatura mayor que la temperatura de condensación de uno o más componentes presentes en el gas de síntesis enfriado y previene la condensación del uno o más componentes que se seleccionan entre el grupo que consiste en: agua, constituyentes de cenizas, y alquitranes volátiles residuales. Los sistemas y procedimientos descritos en este texto pueden utilizarse opcionalmente para prevenir la condensación de constituyentes de cenizas que permanecen fase gaseosa a temperaturas por encima de 427 °C (800 °F). A temperaturas ligeramente superiores (por encima de aproximadamente 538 °C (1000 °F)) los sistemas y métodos de la invención pueden prevenir la condensación de cualquier alquitrán volátil residual y la deposición posterior de estos alquitranes sobre las superficies del dispositivo de filtración de materia en forma de partículas según el gas de síntesis húmedo enfriado se filtra a través de ellos.

En ciertas realizaciones, la temperatura del gas de síntesis húmedo enfriado es aproximadamente 427 °C (800 °F) o menos, tales elementos convencionales de filtración construidos con aleaciones de acero pueden utilizarse en el dispositivo de filtración de materia en forma de partículas. Sin embargo, en estas realizaciones, la temperatura del gas de síntesis húmedo enfriado está siempre controlado de modo que se mantiene por encima de la temperatura de condensación (o punto de rocío) del vapor de agua presente en el gas de síntesis, ya que esto cegaría y/o corroería cualquier dispositivo de filtración de materia en forma de partículas que funciona mediante filtración en seco. En algunas realizaciones alternativas en donde la temperatura del gas de síntesis húmedo enfriado se mantiene por encima de aproximadamente 427 °C (800 °F), el dispositivo 175 de filtración de materia en forma de partículas puede comprender elementos de filtración construidos a partir de materiales más resistentes al calor que pueden incluir, por ejemplo, cerámicas porosas o cualquier otro material resistente al calor conocido por los expertos en la técnica. Opcionalmente, cualquier finos sólidos residuales y materias en forma de partículas que se capturan mediante el dispositivo 175 de filtración de materia en forma de partículas se devuelven a la sección inferior del reactor vía un conducto 215 para aumentar la eficacia global del procedimiento.

El gas de síntesis 200 libre de materia en forma de partículas que sale del dispositivo de filtración de materia en forma de partículas puede conducirse opcionalmente hasta una depuradora convencional de cloro (no representada) para retirar cloruros y otras impurezas. En algunas realizaciones, el gas de síntesis 200 libre de materia en forma de partículas se conduce hasta al menos un reactor de conversión (no representado) que facilita la reacción de conversión agua gas: $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$, produciendo así un gas de síntesis convertido. Cuando se usa una corriente de agua como el medio de enfriamiento rápido que se introduce vía al menos una entrada 200, el vapor de agua se produce *in situ*, y esto reduce la cantidad del vapor de agua a alta presión que debe producirse en un calentador externo e introducirlo bien el reactor de conversión, o inmediatamente corriente arriba con el fin de facilitar la reacción de conversión agua gas.

En realizaciones que incluyen una conversión agua gas, cada reactor de conversión comprende un catalizador y se configura para operar a una temperatura en un intervalo de aproximadamente 204 °C (400 °F) a 482 °C (900 °F), para reaccionar con monóxido de carbono y vapor de agua presente en el gas de síntesis libre de materia en forma de partículas que pasa a través del reactor para producir un gas de síntesis convertido con un nivel superior de gas hidrógeno y un nivel menor de monóxido de carbono. En algunas realizaciones, se pueden utilizar reactores múltiples de conversión manteniendo uno a temperatura más alta. Se pueden utilizar muchos catalizadores convencionales para facilitar esta reacción de conversión agua gas, que incluyen, pero no se limitan a magnetita,

cobre Raney, al igual que otros metales de transición y óxidos de metales de transición. En algunas realizaciones, se pueden utilizar catalizadores convencionales de hidrot ratamiento resistentes al azufre, como, por ejemplo, aquellos que comprenden Níquel y molibdeno (NiMo) al igual que cobalto y molibdeno (CoMo). Preferiblemente, el catalizador es resistente a la desactivación por contaminantes de azufre presentes en el gas de síntesis libre de materia en forma de partículas. Tales catalizadores son convencionales y un experto en la técnica puede implementarlos de la manera descrita en este texto.

El gas de síntesis convertido resultante puede utilizarse luego de varias formas, como carburante para una turbina de gas como parte de una planta eléctrica de Ciclo Combinado de Gasificación Integrada (IGCC por sus siglas en inglés), o como materia prima para el procedimiento de fabricación de productos químicos o un procedimiento de producción de gas natural sintético (SNG por sus siglas en inglés). Tales procedimientos son convencionales y fuera del alcance de esta descripción. Algunas realizaciones pueden comprender adicionalmente la recuperación de dióxido de carbono del gas de síntesis convertido, en donde el aparato utilizado para recuperar está localizado corriente abajo del reactor de conversión.

Para ambas aplicaciones SNG y aplicaciones IGCC con captura de carbono, el medio de enfriamiento rápido introducido vía al menos una entrada 210 crea vapor de agua *in situ*, reduciendo así significativamente la cantidad de vapor de agua que debe añadirse para acondicionar el gas de síntesis libre de materia en forma de partículas antes de llevar a cabo una reacción de conversión agua gas. Para algunas realizaciones que comprenden aplicaciones IGCC sin captura de carbono, el gas de síntesis libre de materia en forma de partículas puede ser agua depurada mediante retirada de cloruros, enfriada adicionalmente, deshumedecida y desulfurizada. En estas realizaciones, el agua del procedimiento utilizada para enfriar rápidamente el gas de síntesis crudo puede condensarse en su mayor parte fuera de una Unidad de Recuperación De Calor a Baja Temperatura (LTHRU por sus siglas en inglés) como agua ácida. Luego se requiere agua de calidad para alimentación del calentador para rehumedecer el gas de síntesis desulfurizado antes de que se use como carburante para turbinas de gas.

Se describen los ejemplos siguientes de algunas realizaciones de la invención. Cada ejemplo se proporciona a modo de explicación de la invención, una de muchas realizaciones de la invención. Estos ejemplos pretenden ser ilustrativos de una realización específica de la presente invención con el fin de enseñar a un experto habitual en la técnica cómo hacer y usar la invención, y los siguientes ejemplos no deberían leerse de ningún modo para limitar, o definir el alcance de la invención.

Ejemplo 1

La modelización detallada por ordenador se llevó a cabo para evaluar el efecto de la implementación de los sistemas y procedimientos de la invención sobre la eficacia y coste operacional global. El caso del ensayo fue un gasificador en dos etapas (tal como se describe en este texto) con una capacidad de 6108 toneladas (6733 toneladas cortas) por día de coque de petróleo como materia prima. Los resultados de la modelización indicaron que la eficacia global del gasificador no cambia apreciablemente, y el gas de síntesis crudo producido por el gasificador es de una composición muy similar a la mostrada en la tabla 1. De hecho, muchos componentes diferían menos de 1% en base molar.

La mayor diferencia detectada fue en el equilibrio vapor de agua y agua del sistema convencional versus el sistema de la descripción actual. Implementar los sistemas de la invención descritos en este texto con un enfriamiento rápido directo del gas de síntesis con alquitrán cercano a cero a una temperatura de 538 °C (1000 °F) dio como resultado la pérdida de todo el vapor de agua saturado a presión alta que de lo contrario hubiera sido producido por la HTHRU según enfriaba el gas de síntesis con alquitrán cercano a cero. Sin embargo, el gas de síntesis enfriado mediante enfriamiento rápido directo a 538 °C (1000 °F) contenía aproximadamente 56% más de vapor de agua creado *in situ* que el gas de síntesis producido mediante el sistema convencional, disminuyendo así aproximadamente 95% la cantidad de vapor de agua a presión alta que se necesita introducir para humedecer el gas de síntesis antes de entrar en el reactor de conversión agua gas. Adicionalmente, ya que el vapor de agua saturado a presión alta se produjo en la HTHRU en este ejemplo, el calor que de lo contrario se hubiera requerido para precalentar el agua de alimentación del calentador y sobre calentar el vapor de agua saturado (producido por la HTHRU) se utilizó en su lugar para generar directamente vapor de agua supercalentado a presión alta *in situ*. La pérdida global calculada de vapor de agua supercalentado a presión alta disponible en las turbinas de vapor de agua en este ejemplo totalizaron aproximadamente 31.8%. Sin embargo, la energía generada por las turbinas de vapor de agua disminuyó solamente 14.6%.

Ejemplo 2

La reproducibilidad del sistema (es decir, disponibilidad operacional) es un factor crucial para determinar la viabilidad comercial de los sistemas de gasificación. Además, una comparación detallada se llevó a cabo entre una realización de los sistemas y procedimientos descritos en este texto, y un sistema convencional de gasificación en dos etapas utilizando la tecnología EGas™ (perteneciente a Lummus Technology Inc.) para calcular cualquier efecto sobre la disponibilidad del sistema. El caso del ensayo comparó dos sistemas de Ciclo Combinado de Gasificación Integrada (IGCC), comprendiendo cada sistema dos gasificadores en línea sin retorno. El mantenimiento preventivo se lleva a cabo normalmente cada 180 días para inspeccionar y mantener los gasificadores. Sin embargo, los sistemas IGCC

convencionales que utilizan una HTHRU se determinó que requerían un mantenimiento más frecuente, del orden cada 90 días. En este hipotético escenario, la disponibilidad del sistema de la invención diseñado tal como se ha descrito en este texto fue 6.6% mayor que el diseño del sistema convencional.

Ejemplo 3

- 5 Los cálculos se llevaron a cabo para determinar la rentabilidad de implementar los sistemas y procedimientos descritos en este texto. Los sistemas y procedimientos de la invención no requieren una HTHRU, que es una pieza costosa del equipo para construir y mantener. Un análisis detallado se llevó a cabo que incluyó los ahorros en el gasto, la tasa de impuestos esperada, depreciación financiera, y tasa de inflación esperada. Los ahorros globales calculados debido a la implementación de los sistemas y procedimientos de la invención descritos en este texto
10 dieron como resultado una relación interna de retorno de 3.9% sobre los 25 años esperados de vida útil del sistema.

Definiciones

Para los propósitos de esta descripción, el término “syngas” es sinónimo de gas de síntesis o gas sintético, el término “gas” es sinónimo de metano, gas natural, al igual que gasolina o cualquier otro carburante hidrocarbonado líquido.

- 15 Para concluir, hay que reseñar que la discusión de cualquier referencia no es una admisión de que es la técnica anterior de la presente invención, especialmente cualquier referencia que puede tener una fecha de publicación después de la fecha de prioridad de esta solicitud.

- 20 Aquellos expertos en la técnica pueden ser capaces de estudiar las realizaciones descritas e identificar otras maneras de llevar a la práctica la invención que no son exactamente como se describen este texto. La intención de los inventores es que las variaciones y equivalentes de la invención están dentro del alcance de las reivindicaciones mientras la descripción, resumen y dibujos no se usan para limitar el alcance de la invención. La invención pretende especialmente ser tan amplia como las reivindicaciones listadas a continuación.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de gasificación no catalítico en dos etapas, que comprende:
 - 5 (a) introducir una materia prima carbonosa en forma de partículas (60, 60a) en una sección inferior del reactor (30) de un reactor (10) de gasificación en dos etapas y quemarla parcialmente dentro con una corriente de gas que comprende un suministro de oxígeno (100) seleccionado entre un grupo que consiste en gas que contiene oxígeno, vapor de agua, y sus mezclas, liberando así calor y formando una primera corriente de producto que comprende gas de síntesis y escoria fundida;
 - 10 (b) pasar el gas de síntesis de la etapa (a) a una sección (40) superior del reactor del reactor (10) de gasificación en dos etapas y ponerlo en contacto dentro con una corriente que comprende una suspensión de materia prima carbonosa en forma de partículas en un vehículo líquido, formando así una segunda corriente (120) de producto que comprende gas de síntesis y sólidos que comprenden cenizas y residuo carbonoso;
 - 15 (c) pasar la segunda corriente (120) de producto a un reactor (90) que se mantiene a una temperatura mayor de aproximadamente 816 °C (1500 °F), en donde el gas de síntesis reside en el reactor (90) por un tiempo que es suficiente para degradar térmicamente alquitranes volátiles presentes en el gas de síntesis, produciendo así un producto que comprende un gas de síntesis con alquitrán cercano a cero;
 - (d) conducir el gas de síntesis con alquitrán cercano a cero directamente del reactor (90) a un dispositivo (175) de filtración de materia en forma de partículas a través de un conducto (97),
 - 20 (e) introducir una corriente de agua vía al menos una entrada (210) localizada sobre el conducto (97) y poner en contacto con el gas de síntesis con alquitrán cercano a cero, produciendo así vapor de agua y un gas de síntesis húmedo enfriado, en donde la temperatura del gas de síntesis húmedo enfriado se mantiene por encima del punto de condensación del vapor de agua, pero menor de aproximadamente 649 °C (1200 °F); y
 - 25 (f) retirar finos sólidos residuales y materias en forma de partículas del gas de síntesis húmedo enfriado al dirigir el gas de síntesis enfriado a través del dispositivo (175) de filtración de materia en forma de partículas, produciendo así un gas de síntesis (200) libre de materia en forma de partículas.
2. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente guiar el gas de síntesis con poca materia en forma de partículas hasta un reactor de conversión que contiene al menos un catalizador y hacer reaccionar al menos una parte del monóxido de carbono presente en el gas de síntesis (200) libre de materia en forma de partículas de la etapa (f) con el vapor de agua producido en la etapa (e) y vapor de agua adicional producido por inyección de agua en el reactor de conversión o inmediatamente corriente arriba, produciendo así un gas de síntesis convertido que comprende dióxido de carbono e hidrógeno adicionales.
- 30 3. El procedimiento de la reivindicación 1, en donde la temperatura del gas de síntesis húmedo enfriado es suficiente para prevenir la condensación de uno o más componentes del gas de síntesis húmedo enfriado, en donde la condensación del uno o más componentes podría causar que se depositen sobre el dispositivo (175) de filtración de materia en forma de partículas de la etapa (f).
- 35 4. El procedimiento de la reivindicación 3, en donde el uno o más componentes se seleccionan entre el grupo que consiste en: agua, constituyentes de cenizas, y alquitranes volátiles residuales.
5. El procedimiento de la reivindicación 1, en donde la corriente de agua de la etapa (e) es de calidad inferior que la del agua de alimentación del calentador.
- 40 6. El procedimiento de la reivindicación 1, en donde los finos sólidos residuales y materias en forma de partículas de la etapa (f) se devuelven a la sección (30) inferior del reactor.
7. El procedimiento de la reivindicación 1, en donde la temperatura del gas de síntesis húmedo enfriado de la etapa (f) está entre aproximadamente 288 °C (550 °F) y aproximadamente 649 °C (1200 °F).
- 45 8. El procedimiento de la reivindicación 1, en donde la temperatura del gas de síntesis húmedo enfriado de la etapa (f) está entre aproximadamente 316 °C (600 °F) y aproximadamente 593 °C (1100 °F).
9. El procedimiento de la reivindicación 1, en donde la temperatura del gas de síntesis húmedo enfriado de la etapa (f) está entre aproximadamente 232 °C (450 °F) y aproximadamente 538 °C (1000 °F).
10. El procedimiento de la reivindicación 1, en donde la temperatura del gas de síntesis húmedo enfriado de la etapa (f) está entre aproximadamente 288 °C (550 °F) y aproximadamente 510 °C (950 °F).
- 50 11. El procedimiento de la reivindicación 1, en donde la temperatura del gas de síntesis húmedo enfriado de la etapa (f) está entre aproximadamente 316 °C (600 °F) y aproximadamente 510 °C (950 °F).

12. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente la recuperación de dióxido de carbono del gas de síntesis (200) libre de materia en forma de partículas.
13. El procedimiento de la reivindicación 2, en donde al menos una parte del gas de síntesis convertido se usa como materia prima para un procedimiento de fabricación de productos químicos o carburantes.
- 5 14. El procedimiento de la reivindicación 2, que comprende adicionalmente la recuperación de dióxido de carbono del gas de síntesis convertido.
15. Un sistema para la gasificación en dos etapas de una materia prima carbonosa en forma de partículas, que comprende:
- 10 (a) un reactor (10) de gasificación que comprende una sección (40) superior del reactor y una sección (30) inferior del reactor adaptadas para una operación a presiones superiores a aproximadamente 0.69 MPa (100 psig) y temperaturas superiores a aproximadamente 1093 °C (2000 °F), en donde la sección (30) inferior del reactor está adaptada para introducir la materia prima carbonosa en forma de partículas (60, 60a) y un gas (100) que contiene oxígeno o vapor de agua y quemarla parcialmente dentro para formar una mezcla de productos, en donde el reactor (10) de gasificación está adaptado para conducir la mezcla de
- 15 productos de la sección (30) inferior del reactor a la sección (40) superior del reactor; en donde dicha sección (40) superior del reactor está adaptada para introducir materia prima carbonosa en forma de partículas adicional en un vehículo líquido y combinarla con la mezcla de productos para producir endotérmicamente una corriente (120) de producto que comprende gas de síntesis, residuo carbonoso, cenizas y alquitranes volátiles;
- 20 (b) un recipiente (90) de tiempo de residencia localizado corriente abajo del reactor (10) de gasificación, en donde el recipiente (90) de tiempo de residencia está adaptado para aceptar la corriente (120) de producto y operar a una presión superior a aproximadamente 0.69 Mpa (100 psig) y una temperatura superior a aproximadamente 816 °C (1500 °F), en donde el recipiente (90) de tiempo de residencia está adaptado para proporcionar tiempo de residencia suficiente a la corriente (120) de producto conducida a su través para
- 25 permitir la degradación térmica de la mayoría de los alquitranes volátiles presentes en el gas de síntesis con reducida materia en forma de partículas y producir así un gas de síntesis con alquitrán cercano a cero;
- (c) un conducto (97) que comprende al menos una entrada (210) que está localizada inmediatamente corriente abajo del recipiente (90) de tiempo de residencia y conectado al recipiente (90) de tiempo de residencia, en donde la al menos una entrada (120) está adaptada para introducir una corriente de agua y mezclar la
- 30 corriente de agua con el gas de síntesis con reducida materia en forma de partículas conducido a su través;
- (d) un dispositivo (175) de filtración de materia en forma de partículas localizado inmediatamente corriente abajo del conducto (97) y conectado hasta el conducto (97), en donde el dispositivo (175) de filtración de materia en forma de partículas está adaptado para recibir un gas de síntesis húmedo enfriado en un intervalo de aproximadamente 288 °C (550 °F) y aproximadamente 649 °C (1200 °F), y retirar finos sólidos
- 35 residuales y materias en forma de partículas del gas de síntesis húmedo enfriado que pasa a su través, produciendo así un gas de síntesis (200) libre de materia en forma de partículas.
16. El sistema de la reivindicación 15, que comprende adicionalmente un reactor de conversión localizado corriente abajo del dispositivo (175) de filtración de materia en forma de partículas y conectado al dispositivo (175) de filtración de materia en forma de partículas, en donde el reactor de conversión comprende un catalizador y está adaptado para operar a una temperatura en un intervalo de aproximadamente 204 °C (400 °F) hasta 482 °C (900 °F), en donde el reactor de conversión está adaptado para hacer reaccionar monóxido de carbono y vapor de agua presente en el gas de síntesis (200) libre de materia en forma de partículas que pasa a su través, produciendo así un gas de síntesis convertido.
- 40
17. El sistema de la reivindicación 16, que comprende adicionalmente un aparato para recuperar dióxido de carbono del gas de síntesis libre de materia en forma de partículas, en donde el aparato está localizado corriente abajo del reactor de conversión.
- 45
18. El sistema de la reivindicación 15, en donde el dispositivo (175) de filtración de materia en forma de partículas de la parte (d) es un filtro de velas que comprende elementos que están adaptados para operar a una temperatura que va hasta aproximadamente 649 °C (1200 °F).

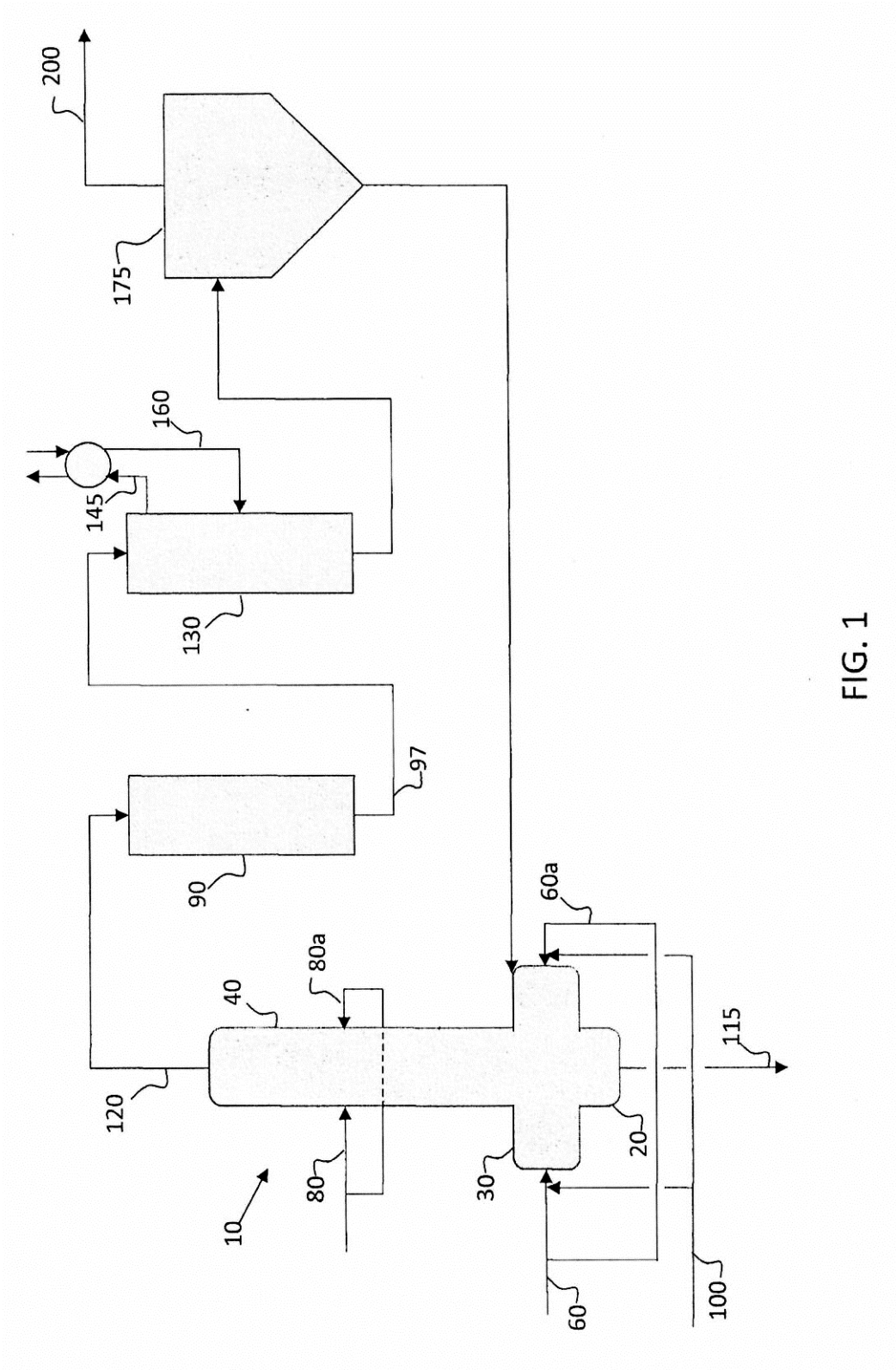


FIG. 1

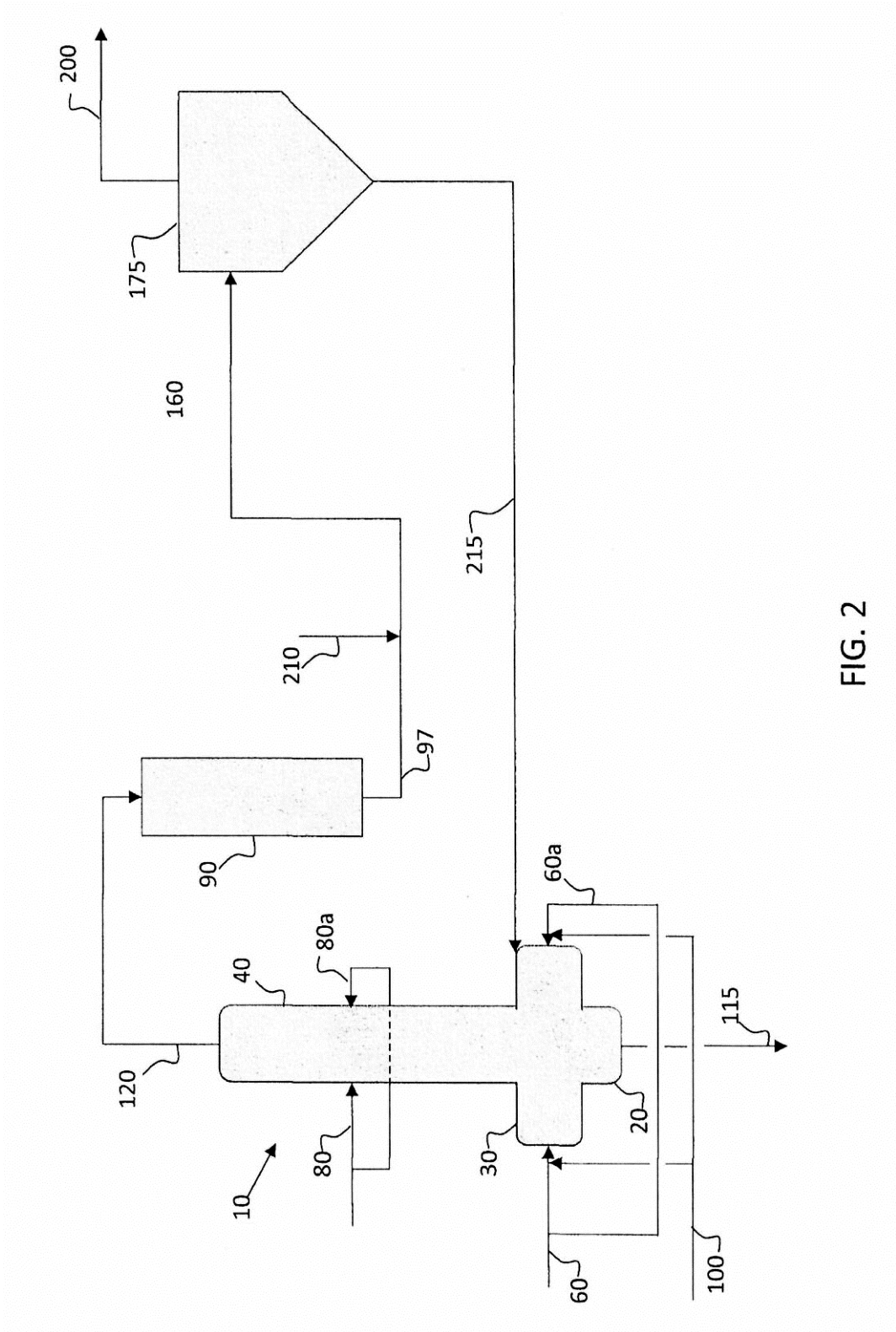


FIG. 2