

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 633 169**

51 Int. Cl.:

C01B 3/36	(2006.01)
C01B 3/48	(2006.01)
C10J 3/74	(2006.01)
C10J 3/48	(2006.01)
C10J 3/86	(2006.01)
F02C 3/28	(2006.01)
C10K 1/00	(2006.01)
C10K 3/04	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.03.2013 PCT/US2013/033489**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **03.10.2013 WO13148503**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.03.2013 E 13716566 (8)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.05.2017 EP 2830992**

54 Título: **Proceso integrado para la gasificación de petróleo crudo total en un gasificador de pared de membrana y generación de electricidad**

30 Prioridad:

27.03.2012 US 201261616179 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
19.09.2017

73 Titular/es:

**SAUDI ARABIAN OIL COMPANY (100.0%)
Box 5000
Dhahran 31311, SA**

72 Inventor/es:

**KOSEOGLU, OMER REFA y
BALLAGUET, JEAN-PIERRE**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 633 169 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

Proceso integrado para la gasificación de petróleo crudo total en un gasificador de pared de membrana y generación de electricidad

5 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Campo de la invención

10 La presente invención se refiere a procesos para la oxidación parcial de una materia prima de petróleo crudo total en un reactor de gasificación de pared de membrana para producir un gas de síntesis y electricidad.

Descripción de la técnica relacionada

15 La gasificación es bien conocida en la técnica y se lleva a la práctica en todo el mundo con aplicación a combustibles fósiles sólidos y líquidos pesados, que incluyen las fracciones pesadas de refinería. El proceso de gasificación usa una oxidación parcial para convertir materiales carbonosos, tales como carbón, petróleo, biocombustible o biomasa, con oxígeno a alta temperatura, es decir, superior a 800 °C, en un gas de síntesis ("sintegás"), vapor y electricidad. El sintegás, que consiste en monóxido de carbono e hidrógeno, se puede quemar directamente en motores de combustión interna, o se puede usar en la fabricación de diversos productos químicos, tales como el metanol mediante procesos de síntesis conocidos y para producir combustibles sintéticos mediante el proceso de Fischer-Tropsch.

20 En operaciones de refinería, el principal bloque de proceso es conocido como gasificación integrada en ciclo combinado (IGCC), que convierte la materia prima en hidrógeno, electricidad y vapor. La Fig. 1 muestra el diagrama de flujo del proceso de un IGCC convencional de la técnica anterior, que incluye una sección de preparación de la alimentación 102, un reactor de gasificación 104, una unidad de separación del aire 180, una unidad de enfriamiento e inactivación del sintegás 110, un reactor de conversión agua-gas 120, una unidad de eliminación de gases ácidos (AGR) y de recuperación del azufre (SRU) 130, una turbina de gas 140, un generador de vapor por recuperación de calor (HRSG) 150, y una turbina de vapor 160.

25 En un IGCC convencional, se introduce una materia prima mediante una línea de alimentación 101 a la sección de preparación de la alimentación 102. La materia prima preparada se hace pasar después al reactor de gasificación 104 con una cantidad predeterminada de oxígeno 103 producido en la unidad de separación del aire 180. La materia prima se oxida parcialmente en el reactor de gasificación 104 para producir un sintegás caliente 106 que es transportado a la unidad de enfriamiento e inactivación del sintegás 110. El sintegás caliente 106 se enfría con agua de alimentación de la caldera 156 para producir sintegás enfriado 114 y vapor. Una porción del vapor 112 se hace pasar y se usa en el reactor de conversión agua-gas 120 para producir gas convertido 122, y la porción restante del vapor 116 se consume en el HRSG 150. El gas convertido 122 se trata en la AGR/SRU 130 para separar y descargar el dióxido de carbono 136, el azufre 138; una porción del sintegás con hidrógeno que se recupera en 132. Una segunda porción del sintegás con hidrógeno, identificada como alimentación de la turbina de gas 134, se hace pasar a la turbina de gas 140 con la alimentación de aire 142 y se quema para producir electricidad 144. La descarga del gas de combustión a alta presión 146 desde la turbina de gas 140 se transporta al HRSG 150 para generar vapor el cual se usa en la turbina de vapor 160 para producir electricidad adicional 162.

30 La unidad de separación del aire 180 y la mayoría de los procesos aguas abajo utilizan tecnologías maduras con factores de alta fiabilidad en funcionamiento. Sin embargo, el reactor de gasificación 104 tiene una vida de operación relativamente limitada que puede ser de tan solo 3 meses a 18 meses, dependiendo de las características de la alimentación y del diseño del reactor.

35 Los tres principales tipos de tecnologías de reactores de gasificación son el lecho móvil, el lecho fluidizado y los sistemas de flujo arrastrado. Cada uno de los tres tipos se puede usar con combustibles sólidos, aunque solamente el reactor de flujo arrastrado ha demostrado procesar eficazmente los combustibles líquidos. En un reactor de flujo arrastrado, el combustible, el oxígeno y el vapor se inyectan por la parte superior del gasificador a través de un quemador co-anular. La gasificación tiene lugar normalmente en un vaso con revestimiento refractario que opera a una presión de aproximadamente 4 MPa (40 bar) a 6 MPa (60 bar) y a una temperatura en el intervalo de 1300 °C a 1700 °C.

40 Existen dos tipos de construcciones de paredes de gasificador: refractarias y de membrana. El gasificador usa convencionalmente revestimientos refractarios para proteger el vaso del reactor de la escoria corrosiva, el ciclado térmico, y las altas temperaturas que varían de 1400 °C a 1700 °C. El material refractario es sometido a la penetración de componentes corrosivos procedentes de la generación del sintegás y la escoria y, después de esto, a reacciones posteriores en las que los reactantes sufren cambios de volumen significativos que dan como resultado una degradación de la resistencia de los materiales refractarios. La sustitución de los revestimientos refractarios degradados puede costar varios millones de dólares al año y varias semanas de tiempo de inactividad para un reactor dado. Hasta ahora, la solución ha sido la instalación de un segundo gasificador o gasificador paralelo para

proporcionar la necesaria capacidad de operación continua durante el tiempo de inactividad por mantenimiento, aunque la consecuencia indeseable de esta duplicación es un aumento significativo de los costes de capital asociados a la operación unitaria.

5 Una tecnología de gasificadores de pared de membrana alternativa usa una pantalla de refrigeración protegida por una capa de un material refractario para proporcionar una superficie sobre la cual la escoria fundida se solidifica y fluye hacia abajo hacia la zona de inactivación en la parte inferior del reactor. Las ventajas del reactor de pared de membrana incluyen una reducción de las dimensiones del reactor en comparación con otros sistemas; un tiempo de funcionamiento promedio significativamente superior del 90 %, en comparación con un tiempo de funcionamiento del 50 % para un reactor de paredes refractarias; la eliminación de la necesidad de tener un reactor paralelo para mantener una operación continua como en el caso de los reactores de paredes refractarias; y el crecimiento de una capa de escoria sólida y líquida que proporciona autoprotección a las secciones de pared enfriadas con agua.

15 En un gasificador de pared de membrana, el crecimiento de una capa de escoria de cenizas minerales solidificada sobre la pared actúa como una superficie protectora adicional y como aislante para minimizar o reducir la degradación del material refractario y las pérdidas de calor a través de la pared. El diseño del reactor enfriado con agua evita también lo que se denomina una operación de gasificador de "pared caliente", que requiere la construcción de múltiples capas gruesas de materiales refractarios costosos que están sometidos a degradación. En el reactor de pared de membrana, la capa de escoria se renueva continuamente con el depósito de sólidos sobre la superficie relativamente fría. Otras ventajas incluyen tiempos de puesta en marcha/parada más cortos; menores costes de mantenimiento que el reactor de tipo refractario; y la capacidad de gasificar materias primas con elevado contenido de cenizas, proporcionando de este modo mayor flexibilidad en el tratamiento de una amplia variedad de carbones, coque de petróleo, mezclas carbón/coque de petróleo, co-alimentación de biomasa y materias primas líquidas.

25 Hay dos tipos principales de diseños de reactores de pared de membrana que están adaptados para procesar materias primas sólidas. Uno de tales reactores usa tubos verticales en un proceso de flujo ascendente equipado con varios quemadores para combustibles sólidos, por ejemplo, coque de petróleo. Un segundo reactor de materia prima sólida usa tubos de espiral y un procesamiento de flujo descendente para todos los combustibles. Para combustibles sólidos, se ha desarrollado un quemador único que tiene una energía térmica de aproximadamente 500 MWt para uso comercial. En ambos de estos reactores, el flujo de agua de refrigeración presurizada en los tubos es controlado para enfriar el material refractario y asegurar el flujo descendente de la escoria fundida. Ambos sistemas han demostrado una gran utilidad con combustibles sólidos, aunque no con combustibles líquidos.

35 El reactor de gasificación se opera para producir gas de síntesis, o sintegás. Para la producción de combustibles líquidos y compuestos petroquímicos, el parámetro clave es la relación molar del hidrógeno con respecto al monóxido de carbono en el sintegás seco. Esta relación está normalmente entre 0,85:1 y 1,2:1, dependiendo de las características de la materia prima. Es necesario un tratamiento adicional del sintegás para aumentar esta relación del hidrocarburo con respecto al carbono hasta 2:1 para aplicaciones Fischer-Tropsch, o para producir hidrógeno adicional mediante una reacción de conversión agua-gas representada por $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$. En algunos casos, parte del sintegás se quema junto con parte de los gases emitidos en un ciclo combinado para producir electricidad y vapor. La eficacia global de este proceso está entre el 44 % y el 48 %.

45 Aunque el proceso de gasificación está bien desarrollado y es adecuado para los fines previstos, sus aplicaciones junto con los procesos para el petróleo crudo total han sido limitadas. El documento WO 2013/015899 A1, por ejemplo, divulga un proceso para la gasificación de aceite pesado residual con coque en partículas usando un reactor de gasificación de pared de membrana a fin de producir gas de síntesis y electricidad. El documento WO 2012/047439 divulga un proceso para la gasificación de neumáticos de desecho con aceites residuales usando un reactor de gasificación de pared de membrana a fin de producir gas de síntesis y electricidad. En una refinería normal, el petróleo crudo total se procesa inicialmente en una columna de destilación atmosférica o una torre de crudo en la que se separa en una serie de componentes diferentes que incluyen gasolina con un punto de ebullición de 36 °C a 180 °C, diésel con un punto de ebullición de 180 °C a 370 °C, y fracciones pesadas atmosféricas con un punto de ebullición superior a 370 °C. El residuo de fracciones pesadas atmosféricas se procesa adicionalmente en una columna de destilación al vacío en la que se separa en un gasóleo de vacío (VGO) con un punto de ebullición en el intervalo de 370 °C a 520 °C y un residuo pesado de vacío con un punto de ebullición superior a 520 °C. El VGO se puede procesar posteriormente mediante hidrocrqueo para producir gasolina y diésel, o mediante craqueo catalítico fluidizado (FCC) para producir gasolina y aceites de ciclo. El residuo pesado de vacío se puede tratar para eliminar impurezas no deseadas o para convertirlo en productos de hidrocarburo útiles.

60 El problema abordado por la presente invención es el de convertir directamente una materia prima de petróleo crudo total con un valor relativamente bajo en un proceso que es económicamente viable, y que es capaz de producir un sintegás y/o un sistema enriquecido en hidrógeno que se puede usar como corriente de alimentación para otros procesos en la misma refinería, o que se puede usar para producir metanol y/o combustibles sintéticos.

SUMARIO DE LA INVENCION

5 La presente invención comprende el procesamiento integrado de petróleo crudo total mediante la oxidación parcial de la materia prima en un reactor de gasificación de pared de membrana para producir un sintegás y/o un sistema enriquecido en hidrógeno así como para generar energía eléctrica.

El proceso de la presente invención se define en la reivindicación 1. Las realizaciones preferentes se exponen en las reivindicaciones dependientes.

10 De acuerdo con una o más realizaciones adicionales de la invención, el proceso para la gasificación del petróleo crudo total incluye un vaso de reacción de conversión agua-gas para convertir monóxido de carbono en hidrógeno mediante la reacción de conversión agua-gas representada por $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$, a fin de incrementar de este modo el volumen de hidrógeno en el sintegás convertido.

15 Tal como se usa en el presente documento, las expresiones "material productor de cenizas" o "material formador de cenizas" son sinónimas y se refieren a un material que produce una ceniza sólida que forma escoria en el reactor de pared de membrana.

20 El material productor de cenizas usado en el proceso de la invención se selecciona entre el grupo que consiste en óxidos naturales y sintéticos de Si, Al, Fe, Ca, Mg, P, K, Na, S y Ti, y mezclas de los mismos, y está en forma de partículas finamente divididas, y se mezcla con el petróleo crudo total y constituye de un 2 % a un 5 % en peso del peso total de la materia prima.

25 Otros aspectos, realizaciones y ventajas del proceso de la presente invención se discuten con detalle más adelante. Asimismo, se ha de entender que tanto la información precedente como la descripción detallada siguiente son ejemplos meramente ilustrativos de varios aspectos y realizaciones, y están concebidos para proporcionar una visión de conjunto o marco para la comprensión de la naturaleza y carácter de las realizaciones y características reivindicadas. Los dibujos adjuntos se incluyen para proporcionar ilustración y una comprensión adicional de los diversos aspectos y realizaciones. Los dibujos, junto con el resto de la memoria descriptiva, sirven para explicar los principios y operaciones de los aspectos y realizaciones descritos y reivindicados.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

35 El sumario anterior, así como la descripción detallada siguiente se comprenderán mejor cuando se lean junto con los dibujos adjuntos en los que:

La Fig. 1 es un diagrama esquemático de un proceso de gasificación integrada en ciclo combinado de la técnica anterior; y

40 La Fig. 2 es un diagrama esquemático de un proceso para la gasificación de una materia prima de petróleo crudo total de acuerdo con la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

45 El proceso integrado para la producción de un sintegás y/o hidrógeno mediante oxidación parcial de una materia prima de petróleo crudo total en un reactor de gasificación de pared de membrana y la turbina de vapor asociada para la producción de electricidad se describirán con referencia al diagrama esquemático de la Fig. 2.

50 El aparato de gasificación del petróleo crudo total 200 incluye un reactor de gasificación de pared de membrana 210, un intercambiador de calor 220, una turbina 230 y un vaso de reacción de conversión agua-gas 240. Nótese que aunque la realización del aparato 200 descrita en el presente documento incluye un vaso de reacción de conversión agua-gas para promover la producción de hidrógeno mediante la conversión de todo o de una parte del monóxido de carbono en sintegás, se pueden poner en práctica realizaciones alternativas similares al aparato 200 sin el vaso de reacción de conversión agua-gas.

55 El reactor de gasificación de pared de membrana 210 incluye una entrada 211 en comunicación fluida con un conducto 213 para introducir la materia prima de petróleo crudo total, un conducto 219 para introducir una cantidad controlada de material productor de cenizas, un conducto 215 para introducir una cantidad controlada de una corriente presurizada de oxígeno o un gas que contiene oxígeno, y un conducto 217 para introducir una cantidad controlada de vapor. El reactor de gasificación de pared de membrana 210 incluye también una salida 212 para descargar el sintegás bruto caliente.

60 El intercambiador de calor 220 incluye una entrada 221 en comunicación fluida con la salida 212 del reactor de gasificación de pared de membrana 210, una salida 222 para descargar el vapor, y una salida 224 para descargar el sintegás enfriado.

65

La turbina 230 incluye una entrada 231 en comunicación fluida con la salida 222 del intercambiador de calor 220, y un conductor eléctrico 232 para transmitir la electricidad generada, y una salida 234 para la corriente de baja presión.

5 El vaso de reacción de conversión agua-gas 240 opcional incluye una entrada 241 en comunicación fluida con la salida 224 del intercambiador de calor 220 mediante una válvula de tres vías 226 para recibir el sintegás enfriado y un conducto 243 para introducir una cantidad controlada de vapor, y una salida 242 para descargar el producto de sintegás convertido rico en hidrógeno.

10 En la práctica del método de la invención, se introduce una materia prima de petróleo crudo total como corriente de alimentación presurizada por el conducto 213 al reactor de gasificación de pared de membrana 210 junto con una cantidad predeterminada de material productor de cenizas sólido por el conducto 219, una cantidad predeterminada de oxígeno o un gas que contiene oxígeno por el conducto 215 y una cantidad predeterminada de vapor por el conducto 217. A fin de optimizar la operación del reactor, se debe obtener previamente un análisis del contenido de carbono de la alimentación de petróleo crudo para determinar la cantidad estequiométrica de oxígeno que se ha de introducir en el gasificador. Un método de análisis del carbono que es adecuado para tal fin se describe en la norma ASTM D-5291.

20 El material de petróleo crudo total y el material sólido se mezclan, por ejemplo, usando un mezclador en línea, un vaso de mezcla de flujo continuo u otro aparato conocido. La mezcla de petróleo crudo y material productor de cenizas sólido se oxida parcialmente en el reactor de gasificación de pared de membrana 210 para producir hidrógeno y monóxido de carbono en forma de un sintegás bruto caliente. Una ventaja particular del proceso de la invención es que no se requiere un gas combustible auxiliar o complementario para mantener la temperatura de gasificación, ya que todos los valores de combustión requeridos para la combustión están presentes en los componentes más ligeros del petróleo crudo total. La escoria formada en el reactor de gasificación procedente del material productor de cenizas se complementa también con algunos de los constituyentes que están presentes en el petróleo crudo.

30 El sintegás bruto caliente se descarga desde la salida 212 del reactor de gasificación de pared de membrana 210 y pasa a la entrada 221 del intercambiador de calor 220 para producir un sintegás enfriado que se descarga por la salida 224. El vapor descargado desde la salida 222 del intercambiador de calor 220 pasa a la entrada 231 de la turbina 230 para producir electricidad que se transmite por la salida del conductor 232. La corriente de baja presión procedente de la turbina se descarga por la salida 234.

35 En determinadas realizaciones, al menos una porción del sintegás enfriado se transporta a través de la válvula 226 a la entrada 241 del vaso de reacción de conversión agua-gas 240 con vapor introducido por el conducto 243. El vapor se puede derivar opcionalmente desde el generador de vapor 220. El monóxido de carbono se convierte en hidrógeno en presencia de vapor mediante la reacción de conversión agua-gas representada por $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$. El contenido de monóxido de carbono se reduce a menos de un uno por ciento molar tras la reacción de conversión agua-gas. Una mezcla de hidrógeno, dióxido de carbono, monóxido de carbono sin reaccionar y otras impurezas se descarga por la salida 242 en forma de sintegás convertido. Opcionalmente, se recupera gas hidrógeno de alta pureza mediante un proceso tal como adsorción a presión oscilante (PSA), o mediante el uso de membranas, absorción, adsorción, o combinaciones de los mismos.

45 Las materias primas para el proceso descrito en el presente documento son un petróleo crudo total con un punto de ebullición en el intervalo de 36 °C a aproximadamente 1500 °C o, incluso, de hasta 2000 °C. El valor superior se estima basándose en los estudios comunicados en la técnica y en la presencia de compuestos de muy alto peso molecular presentes en el petróleo crudo. Véase Katz, D.L. et al., "Predicting Phase Behavior of Condensate/Crude Oil Systems Using Methane Interaction Coefficients", *Journal of Petroleum Technology*, (1978), 1649 y Boduszynski, M. et al., *Oil & Gas Journal*, Sept. 11, 1995. La materia prima puede ser un petróleo crudo ligero que contiene de menos de un 10 % hasta aproximadamente un 60 % en peso de fracciones ligeras con un punto de ebullición en el intervalo de 36 °C a 370 °C. La materia prima puede ser un petróleo crudo bituminoso pesado que contiene de menos de un 25 % hasta aproximadamente un 90 % en peso de fracciones ligeras con un punto de ebullición en el intervalo de 36 °C a 565 °C. El contenido de hidrógeno de la fracción ligera está normalmente en el intervalo de un 12 a un 16 % en peso.

60 La adición de un material productor de cenizas sólido a la alimentación del reactor de petróleo crudo total es necesaria para producir suficientes cenizas fundidas que se condensan sobre las paredes laterales del reactor enfriadas a fin de formar el revestimiento protector de escoria líquida. Si bien el petróleo crudo total contiene algunos constituyentes que producirán partículas de ceniza fundidas tras la combustión, el volumen total de tales constituyentes productores de cenizas presentes en el petróleo crudo no es solo suficiente para producir un revestimiento protector de escoria sobre las paredes del reactor. El material productor de cenizas sólido puede incluir óxidos naturales y/o sintéticos. Materiales adecuados para la formación de escoria sobre las paredes del reactor son uno o más óxidos de elementos de los grupos IA-VA, IVB, VIIIB de la tabla periódica. Compuestos preferentes incluyen uno o más óxidos que contienen Si, Al, Fe, Ca, Mg, P, K, Na, S y Ti. Los óxidos son del tipo producido normalmente mediante la combustión parcial del carbón. La cantidad de azufre presente en crudos

pesados tales como residuos de vacío, bitúmenes y en sólidos tales como asfaltenos y coque es elevada y los óxidos formados son sulfatos o sulfitos sólidos. El contenido de material productor de cenizas sólido puede constituir del 2 % al 10 % en peso del petróleo crudo total, siendo preferentes los valores menores del intervalo.

5 El material productor de cenizas sólido está preferentemente en forma de partículas finamente divididas que fluyen libremente en estado seco. El tamaño de partícula es suficientemente pequeño como para evitar cualquier obstrucción de las boquillas u otros medios de distribución en el reactor. Las partículas deben pasar a través de un tamiz con un tamaño de 35 mallas Tyler. Estas partículas se pueden introducir en la alimentación líquida suficientemente aguas arriba del reactor de pared de membrana para mantener su distribución a lo largo de la corriente de alimentación. A fin de asegurar una mezcla suficientemente uniforme de las partículas, la corriente de alimentación se puede hacer pasar a través de un mezclador en línea u otros dispositivos que son conocidos en la técnica por conseguir el grado deseado de mezcla de un material seco en una corriente líquida a la que es añadido.

15 En otras realizaciones, el material en partículas seco se puede tratar, por ejemplo, mediante pulverización con un tensoactivo para facilitar la mezcla con el petróleo crudo total. A fin de facilitar el bombeo y la dosificación, el material o materiales en partículas secos se pueden mezclar previamente con una porción del petróleo crudo total, o algún otro material hidrocarburo líquido en un vaso de mezcla separado y se pueden almacenar o retirar directamente cuando sea necesario y añadir como una mezcla sólido/líquido concentrada en la proporción apropiada al petróleo crudo total para conseguir los porcentajes en peso deseados del material productor de cenizas.

20 En general, las condiciones de operación para el reactor de gasificación de pared de membrana incluyen una temperatura en el intervalo de 1200 °C a 1800 °C; una presión en el intervalo de 3 MPa (30 bar) a 10 MPa (100 bar); una relación molar del contenido de oxígeno con respecto al de carbono de la materia prima en el intervalo de 0,1:1 a 2:1, en determinadas realizaciones de 0,5:1 a 2:1, y en realizaciones adicionales de 1:1 a 5:1; una relación molar del contenido de vapor con respecto al de carbono de la materia prima en el intervalo de 0,1:1 a 10:1, en determinadas realizaciones de 0,1:1 a 2:1, y en realizaciones adicionales de 0,4:1 a 0,6:1.

30 Las propiedades del sintegás sometido a la reacción de conversión agua-gas son una temperatura en el intervalo de 150 °C a 400 °C; una presión en el intervalo de 0,1 MPa (1 bar) a 6 MPa (60 bar); y una relación molar del agua con respecto al monóxido de carbono de 5:1 a 3:1.

35 El aparato y los procesos descritos en el presente documento ofrecen notables ventajas en comparación con otros procesos del petróleo crudo total. La presente invención elimina el coste relativo a la destilación del petróleo crudo total. Se producen sintegás y/o gas hidrógeno, vapor de proceso y electricidad valiosos de forma eficaz para su uso *in situ* en la refinería. El proceso de la presente invención se puede poner en práctica con particular ventaja cuando se necesita hidrógeno para el hidroprocesamiento y no hay disponible gas natural. Esto es el caso normalmente en refinerías cuando se requiere la conversión total para satisfacer la demanda de productos más ligeros y más limpios, tales como gasolina, combustible para reactores, y combustibles de transporte de diésel.

40 Ejemplo

En este ejemplo basado en modelado, una muestra de 1000 kg que consiste en una mezcla de 968,7 kg de petróleo crudo total que contiene 31,3 kg de material de cenizas sólido finamente dividido, el cual representa aproximadamente un 3 % en peso de la alimentación líquida total, se introduce como materia prima presurizada en un reactor de gasificación de pared de membrana. El reactor de gasificación se opera a 1045 °C y 2,8 MPa (28 bar). La relación del vapor con respecto al carbono es 0,6:1 en peso. La relación del oxígeno con respecto al carbono es 1:0,85 en peso. El petróleo crudo total se oxida parcialmente para producir hidrógeno y monóxido de carbono que se recuperan en forma de un sintegás bruto caliente y se hacen pasar a un intercambiador de calor para generar vapor. El sintegás bruto enfriado se envía al vaso de reacción de conversión agua-gas para aumentar el rendimiento de hidrógeno. La reacción de conversión agua-gas se lleva a cabo a 318 °C y 0,1 MPa (1 bar). La relación molar del vapor con respecto al monóxido de carbono es 3:1. Los rendimientos de los productos se resumen en la tabla 1. Como puede verse en la tabla 1, la gasificación de 968,7 kg de petróleo crudo total produce 256,2 kg de gas hidrógeno.

Tabla 1- Rendimientos de gasificación

Corriente	Petróleo crudo total (por entrada 213)	Oxígeno (por conducto 215)	Vapor (por conducto 217)	Sintegás bruto (por salida 224 y entrada 241)	Vapor (por conducto 243)	Sintegás convertido (por salida 242)
	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
Alquitrán total (que contiene cenizas)	1000,0					
Alquitrán (que contiene hidrocarburos)	968,70					
Oxígeno		1000,0				
CH ₄				6,5		6,5
H ₂				137,3		256,2
CO				1738,8		86,9
CO ₂				371,9		2967,7
H ₂ O			506,7	182,8	1521,5	642,4
H ₂ S				28,6		28,6
COS				5,6		5,6
N ₂				2,5		2,5
Ar				0,0		0,0
NH ₃				0,0		0,1
Total	1000,0	35,0	506,7	2474,2	1521,5	3996,5
Balance de materia total				98,7		
BM Oxígeno				98,5		

5 Se han descrito anteriormente el método y el sistema de la presente invención y con referencia a las figuras adjuntas; no obstante, modificaciones derivadas de esta descripción serán evidentes para los expertos habituales en la técnica y el alcance de protección de la invención vendrá determinado por las reivindicaciones que siguen:

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un proceso integrado para la gasificación de una materia prima de petróleo crudo total para producir un gas de síntesis y electricidad, comprendiendo el proceso:
- 10 a. introducir en un reactor de gasificación de pared de membrana, como materia prima, una mezcla de petróleo crudo total y un material productor de cenizas sólido capaz de formar un revestimiento protector de escoria sobre las paredes laterales del reactor de gasificación de pared de membrana, y una cantidad predeterminada de oxígeno y de vapor basada en el contenido de carbono de la materia prima;
- 15 b. someter la mezcla de petróleo crudo total y material productor de cenizas sólido a una oxidación parcial para producir hidrógeno y monóxido de carbono en forma de un gas de síntesis bruto caliente y un revestimiento protector de escoria sobre las paredes laterales del reactor de gasificación de pared de membrana;
- c. hacer pasar el gas de síntesis bruto caliente a un intercambiador de calor con generación de vapor para enfriar el gas de síntesis bruto caliente y producir vapor;
- d. introducir el vapor procedente del intercambiador de calor en una turbina para producir electricidad; y
- e. recuperar el gas de síntesis enfriado.
- 20 2. El proceso de la reivindicación 1, en el que el material productor de cenizas sólido está en forma de partículas finamente divididas, y se mezcla con el petróleo crudo total y constituye del 2 % al 5 % en peso del peso total de la materia prima de petróleo crudo total.
3. El proceso de la reivindicación 1, en el que el material productor de cenizas sólido se selecciona entre el grupo que consiste en óxidos naturales y sintéticos de Si, Al, Fe, Ca, Mg, P, K, Na, S y Ti y mezclas de los mismos.
- 25 4. El proceso de la reivindicación 1, en el que el petróleo crudo total contiene de un 1 a un 60 % en peso de fracciones ligeras con un punto de ebullición en el intervalo de 36 °C a 370 °C.
5. El proceso de la reivindicación 1, en el que el petróleo crudo total contiene de un 1 a un 10 % en peso de fracciones ligeras con un punto de ebullición en el intervalo de 36 °C a 370 °C.
- 30 6. El proceso de la reivindicación 1, en el que el petróleo crudo total contiene de un 1 a un 90 % en peso de fracciones ligeras con un punto de ebullición en el intervalo de 36 °C a 565 °C.
- 35 7. El proceso de la reivindicación 1, en el que el petróleo crudo total contiene de un 1 a un 25 % en peso de fracciones ligeras con un punto de ebullición en el intervalo de 36 °C a 565 °C.
8. El proceso de las reivindicaciones 4-7, en el que el contenido de hidrógeno de la fracción ligera está en el intervalo del 12 al 16 % en peso.
- 40 9. El proceso de la reivindicación 1, en el que la temperatura de operación del reactor de gasificación está en el intervalo de 1200 °C a 1800 °C.
- 45 10. El proceso de la reivindicación 1, en el que la relación molar del oxígeno con respecto al carbono en el reactor de gasificación está en el intervalo de 0,5:1 a 10:1.
11. El proceso de la reivindicación 1, en el que la relación molar del oxígeno con respecto al carbono en el reactor de gasificación está en el intervalo de 1:1 a 2:1.
- 50 12. El proceso de la reivindicación 1, en el que la relación molar del vapor con respecto al carbono en el reactor de gasificación está en el intervalo de 0,1:1 a 10:1 en peso.
13. El proceso de la reivindicación 12, en el que la relación molar del vapor con respecto al carbono en el reactor de gasificación está en el intervalo de 0,5:1 a 1:1 en peso.
- 55 14. El proceso de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente someter el sintegás enfriado procedente de la etapa (e) a una reacción de conversión agua-gas con una cantidad predeterminada de vapor, y recuperar una mezcla de hidrógeno y dióxido de carbono.
- 60 15. El proceso de la reivindicación 14, en el que la relación molar del agua con respecto al monóxido de carbono en el vaso de reacción de conversión agua-gas está en el intervalo de 5:1 a 3:1.

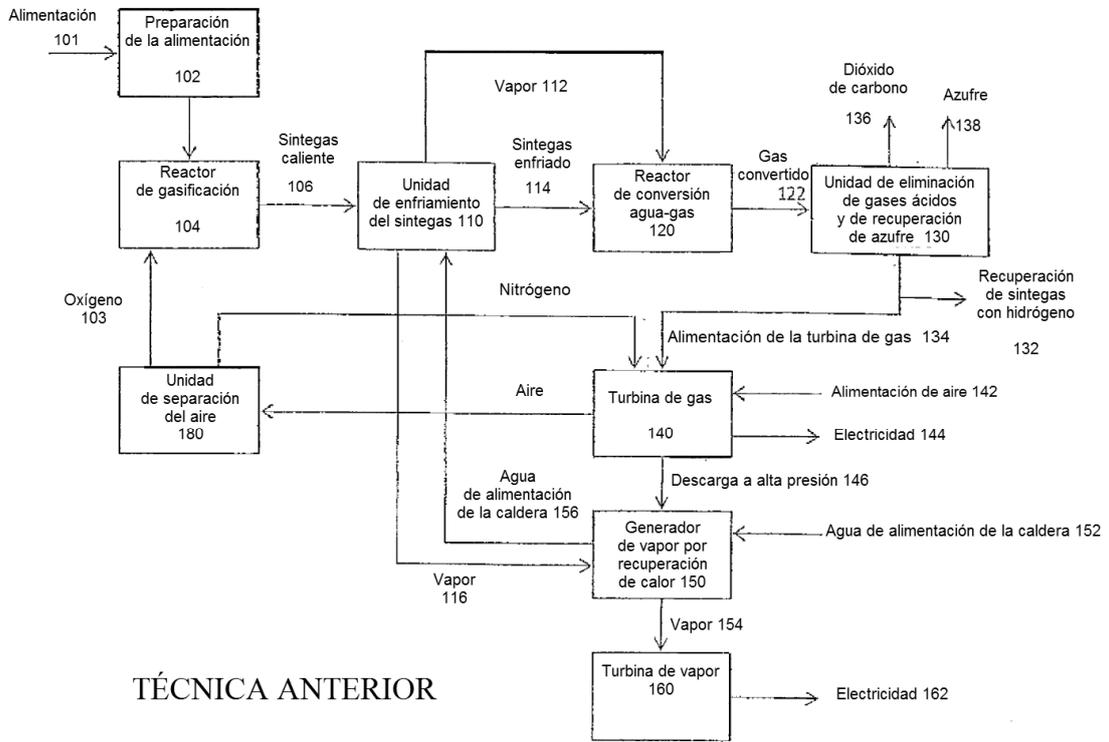


FIG. 1

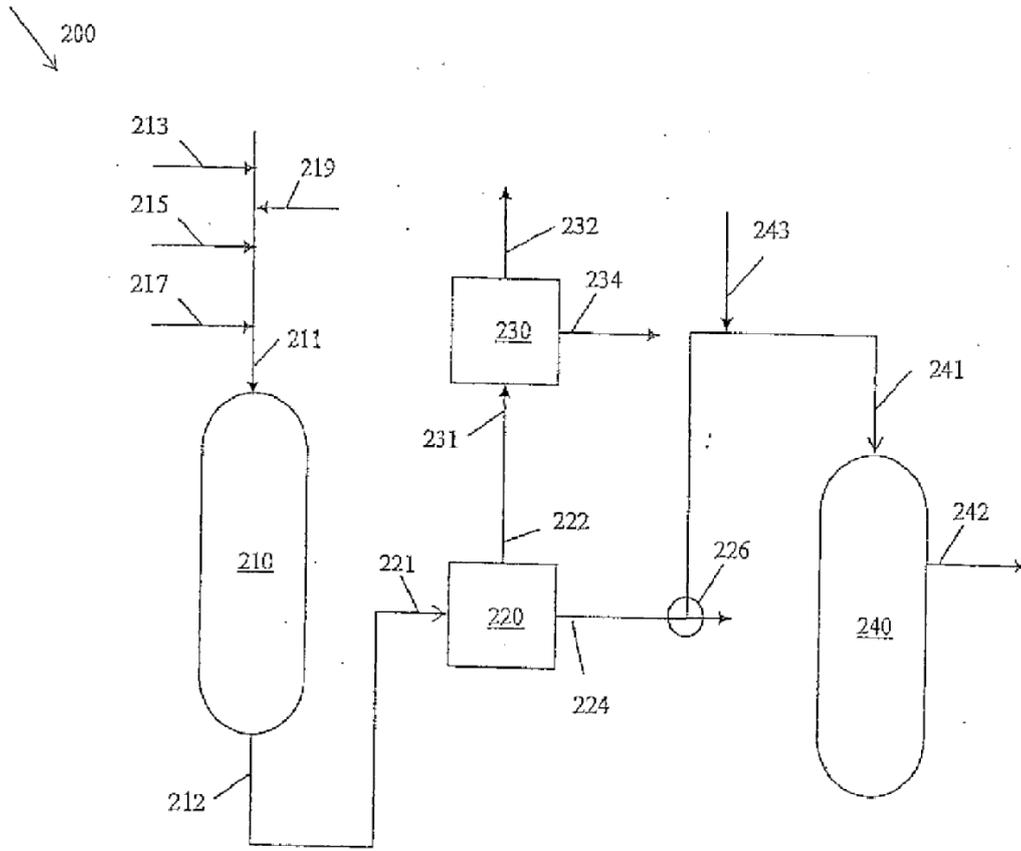


FIG. 2