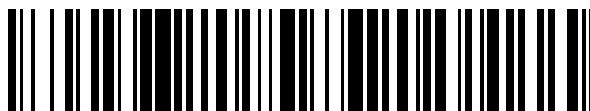


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 582 392**

51 Int. Cl.:

C10G 31/06 (2006.01)

B01J 14/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.11.2008 E 08865032 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.04.2016 EP 2231824**

54 Título: **Proceso de mejora del petróleo crudo sin procesar mediante agua caliente presurizada y fluido de recuperación**

30 Prioridad:

28.11.2007 US 990662 P
28.11.2007 US 990648 P
28.11.2007 US 990658 P
28.11.2007 US 990670 P
28.11.2007 US 990641 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.09.2016

73 Titular/es:

SAUDI ARABIAN OIL COMPANY (50.0%)
1 Eastern Avenue
Dhahran 31311, SA y
ARAMCO SERVICES COMPANY (50.0%)

72 Inventor/es:

CHOI, KI-HYOUK

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 582 392 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 de mejora del petróleo crudo sin procesar mediante agua caliente presurizada y fluido de recuperación

Campo técnico de la invención

5 La presente invención se refiere a un proceso para mejorar el petróleo crudo sin procesar utilizando un fluido de recuperación y contactar el petróleo crudo recuperado con el fluido de agua supercrítica tras un paso de despresurización gradual, sin emplear un suministro externo de hidrógeno, a fin de producir petróleo crudo de bajo punto de fluidez y alto valor que contenga bajos niveles de azufre, nitrógeno e impurezas metálicas, y una alta gravedad API para su uso como materia prima de hidrocarburos.

Antecedentes de la invención

10 La demanda mundial de productos de petróleo se ha incrementado de forma notable en los últimos años, lo que ha agotado gran parte de las reservas conocidas de petróleo crudo ligero de alto valor. Por consiguiente, las empresas productoras han centrado su interés en el uso de petróleo crudo pesado de bajo valor, a fin de satisfacer la creciente demanda del futuro. Sin embargo, dado que los métodos de refinado existentes que utilizan petróleos crudos pesados son menos eficientes que los que utilizan petróleos crudos ligeros, las
15 refinerías que producen productos de petróleo a partir de petróleos crudos más pesados se ven obligadas a refinar mayores volúmenes para obtener la misma cantidad del producto final. Lamentablemente, esto no resulta adecuado para el incremento previsto de la demanda en el futuro. Muchos países han aplicado o tienen previsto aplicar reglamentos más estrictos por lo que respecta a las especificaciones del combustible a base de petróleo empleado en el transporte, lo que todavía agrava más el problema. Por consiguiente, el sector del
20 petróleo está buscando nuevos métodos para el tratamiento del petróleo crudo pesado anterior al refinado, en un intento de satisfacer la creciente demanda de materias primas de petróleo, así como de mejorar la calidad de los petróleos crudos disponibles empleados en los procesos de refinado.

El petróleo crudo sin procesar, o petróleo crudo bruto, es el término que se utiliza generalmente para el petróleo producido por el pozo de extracción y antes de cualquier proceso de refinado. Dependiendo de las
25 características geográficas del pozo de extracción, la composición del petróleo crudo sin procesar puede variar en gran medida de un pozo a otro. Lamentablemente, muchos de los pozos descubiertos recientemente tienden a producir petróleo crudo sin procesar que contiene mayores cantidades de fracciones pesadas e impurezas, además de carbono e hidrógeno. Así pues, dado que muchos de los pozos de petróleo más valiosos y consolidados se han agotado, la mayor parte de nuestra oferta futura consistirá en petróleo crudo de
30 inferior calidad.

En general, el petróleo crudo de alta densidad proporciona menores cantidades de los destilados ligeros e intermedios más valiosos. Por otra parte, por lo general el petróleo crudo de alta densidad contiene mayores cantidades de impurezas, tales como azufre, nitrógeno y metales, que exigen el empleo de mayores cantidades de hidrógeno y energía para el hidroprocesamiento al objeto de cumplir las estrictas normas sobre
35 el contenido de impurezas del producto final.

En términos generales, los petróleos crudos pesados tienen baja gravedad API, alto contenido en asfaltenos, baja producción de destilados intermedios, alto contenido en azufre, alto contenido en nitrógeno y alto contenido en metales. Estas propiedades dificultan el refinado del petróleo crudo pesado a través de procesos de refinado convencionales en la producción de productos de petróleo finales con especificaciones que
40 cumplan las estrictas normas gubernamentales.

Métodos tradicionales de craqueo

El petróleo crudo pesado de bajo valor se puede transformar en petróleo crudo ligero de alto valor craqueando la fracción pesada a través de diversos métodos conocidos en la técnica. Convencionalmente, el craqueo y la
45 limpieza se han realizado utilizando un catalizador a temperaturas elevadas en presencia de hidrógeno. Sin embargo, este tipo de hidroprocesamiento presenta una clara limitación en el procesamiento de petróleo crudo pesado y ácido cuando no se utilizan grandes cantidades de hidrógeno y/o catalizadores.

Por otra parte, el destilado y/o hidroprocesamiento de materias primas de crudo pesado producen grandes cantidades de asfaltenos e hidrocarburos pesados, que deben ser posteriormente craqueados e hidrotratados para ser utilizados. Los procesos convencionales de hidrocraqueo e hidrotratamiento para fracciones
50 asfálticas y pesadas también requieren de elevadas inversiones de capital y un procesamiento significativo.

Muchas refinerías de petróleo realizan el hidroprocesamiento convencional después de destilar petróleo crudo en diversas fracciones, de forma que cada fracción se hidroprocesa por separado. Por tanto, las refinerías deben utilizar las complejas operaciones unitarias para cada fracción. Asimismo, en los procesos de hidrocrackeo e hidrotratamiento se utilizan cantidades importantes de hidrógeno y costosos catalizadores. Los procesos se realizan en condiciones de reacción rigurosas para aumentar el rendimiento del petróleo crudo pesado y obtener destilados intermedios más valiosos, así como para eliminar impurezas como el azufre, el nitrógeno y los metales.

Actualmente se utilizan grandes cantidades de hidrógeno para ajustar las propiedades de las fracciones producidas de los procesos de refinado convencionales, a fin de satisfacer las especificaciones requeridas en materia de bajo peso molecular para los productos finales, eliminar impurezas como el azufre, el nitrógeno y los metales, e incrementar la proporción de hidrógeno/carbono de la matriz. El hidrocrackeo e hidrotratamiento de fracciones asfálticas y pesadas son ejemplos de procesos que requieren grandes cantidades de hidrógeno y, como resultado, en ambos casos el catalizador tiene un ciclo de vida reducido.

Por consiguiente, resultaría beneficioso crackear solamente la porción pesada del petróleo crudo sin procesar utilizando un método eficiente y de bajo coste, de forma que el conjunto del flujo de crudo sin procesar estuviese compuesto por la fracción ligera más valiosa, reduciendo así los costes de refinado posteriores.

Craqueo hidrotérmico - Agua supercrítica

El agua supercrítica se ha empleado como medio de reacción para el craqueo de hidrocarburos con la adición de una fuente externa de hidrógeno. El agua tiene un punto crítico aproximadamente a 374 °C y 22,1 MPa. Por encima de estas condiciones, desaparece el límite entre el estado líquido y gaseoso del agua, de forma que el agua supercrítica resultante presenta una elevada solubilidad con los compuestos orgánicos y una elevada miscibilidad con los gases.

Sin embargo, el uso de agua supercrítica para mejorar el petróleo crudo sin procesar puede tener grandes inconvenientes si este contiene grandes cantidades de moléculas de hidrocarburos pesados. Las moléculas de hidrocarburos pesados se disuelven en el agua supercrítica mucho más lentamente que sus homólogas más ligeras. Por otra parte, las moléculas asfálticas, que tienen estructuras complejas, no se dispersan fácilmente en el agua supercrítica. Por consiguiente, las moléculas de hidrocarburos pesados que no entran en contacto con el agua supercrítica se descomponen térmicamente por sí mismas, produciendo grandes cantidades de coque. Así pues, si el petróleo crudo sin procesar contiene grandes cantidades de hidrocarburos pesados, la reacción del petróleo crudo sin procesar con agua supercrítica empleando los métodos existentes lleva a la acumulación de coque en el interior del reactor.

Cuando el coque se acumula en el interior del reactor, actúa como aislante y bloquea de forma efectiva la radiación del calor a lo largo del reactor, lo que se traduce en un aumento de los costes energéticos, dado que el operador debe aumentar la temperatura operativa para compensar esta acumulación. Además, el coque acumulado también puede aumentar la caída de la presión en el conjunto de la línea del proceso, generando nuevos incrementos en los costes energéticos.

Una posible solución para evitar la acumulación de coque consiste en aumentar el tiempo de permanencia del petróleo crudo sin procesar en el interior del reactor para la disolución de las partes sin procesar del petróleo crudo y reducir la temperatura del reactor; sin embargo, se limitaría el ahorro de costes general y la mejora del rendimiento del proceso. Adicionalmente, las mejoras del diseño del reactor podrían resultar útiles; sin embargo, esto requeriría grandes inversiones en costes de diseño y podría no resultar beneficioso en última instancia. Por lo tanto, existe la necesidad de un proceso que facilite el contacto eficiente del petróleo pesado con el agua supercrítica y que no genere grandes cantidades de coque ni aumentos significativos de los costes operativos.

Recuperación mejorada de petróleo

Recuperación mejorada de petróleo (EOR) es un término genérico utilizado para designar las técnicas que aumentan la cantidad de petróleo que se puede extraer de un yacimiento petrolífero. Utilizando la EOR se puede extraer aproximadamente un 30-60% o más del petróleo original del depósito, frente al 20-40% obtenido con la recuperación primaria o secundaria. Entre los fluidos típicos utilizados para la EOR se incluyen gases, líquidos, vapor u otros productos químicos, siendo la inyección de gas la técnica de EOR utilizada más habitualmente.

En una EOR tipo gas, se inyecta un gas como dióxido de carbono (CO₂), gas natural o nitrógeno en el depósito, donde se expande y, por tanto, empuja más cantidad de petróleo crudo a un pozo de producción. Por

otra parte, el gas se disuelve en el petróleo crudo, lo que reduce la viscosidad del petróleo crudo y mejora su ritmo de flujo a través de un conducto de transporte.

5 Cuando el CO₂ se bombea al depósito de petróleo a una presión suficiente para que sea tan denso como el petróleo en el depósito, el CO₂ puede ser miscible con el petróleo. La presión más baja a la que se consigue la miscibilidad se denomina presión de miscibilidad mínima (MMP). A su MMP o a una presión superior, el CO₂ se convierte en un disolvente ideal para el petróleo y, por este motivo, desplaza el petróleo del depósito de forma mucho más eficiente que el agua. Recupera los componentes de los hidrocarburos más ligeros, aumenta el volumen total de petróleo y reduce su viscosidad para que fluya más fácilmente.

10 CO₂ es actualmente uno de los fluidos de recuperación de petróleo crudo más prometedores, porque el CO₂ disuelto se puede separar fácilmente del petróleo crudo recuperado tras la producción por despresurización. Por supuesto, la solubilidad del CO₂ en petróleo crudo depende en gran medida de la presión, la temperatura, la proporción de gas/petróleo y la composición del petróleo crudo. Sin embargo, la forma más sencilla de controlar el comportamiento de las fases del CO₂ y el petróleo crudo consiste en modificar la presión. A bajas presiones, el CO₂ muestra una solubilidad muy baja en petróleo crudo, en particular, la fracción pesada. Por
15 otra parte, la disolución de CO₂ en el petróleo crudo provoca que el petróleo crudo aumente, provocando una mayor solubilidad de las especies asfálticas que se pueden encontrar en el petróleo crudo.

20 Como se ha señalado anteriormente, uno de los problemas de poner en contacto un petróleo crudo sin procesar de alta densidad con agua supercrítica era la producción de grandes cantidades de coque de bajo valor. Esta producción de coque estaba causada por la incapacidad del agua supercrítica para penetrar eficazmente en el petróleo crudo sin procesar de alta densidad, en particular en la fracción pesada del petróleo crudo sin procesar. Sin embargo, dado que el CO₂ disuelto en petróleo crudo provoca que el petróleo crudo aumente y, por tanto, resulte menos denso, la combinación de un método de EOR CO₂ con agua supercrítica permite mejorar el petróleo crudo sin procesar sin producir cantidades importantes de coque, al facilitar la disolución de la fracción pesada en el agua supercrítica.

25 El procesamiento del flujo completo de petróleo crudo sin procesar resulta económicamente inviable, dado que las producciones son demasiado elevadas. Por tanto, resultaría recomendable disponer de un proceso sencillo y económico para combinar un método de recuperación EOR CO₂ con un método de craqueo con agua supercrítica, al tiempo que se pone en contacto solamente la fracción pesada del petróleo crudo sin procesar, al objeto de limitar la conversión de coque, aumentar la producción total del pozo y producir un petróleo crudo
30 final compuesto principalmente por una fracción ligera de valor más elevado.

35 Por otra parte, sería recomendable disponer de un proceso perfeccionado para mejorar los petróleos crudos sin procesar con el fluido de agua supercrítica que no precise un suministro externo de hidrógeno ni la presencia de un catalizador facilitado externamente. Sería ventajoso crear un proceso y un aparato que permita la mejora del petróleo crudo sin procesar, en lugar de las fracciones individuales, para conseguir las cantidades deseadas, a fin de que el proceso de refinado y las diversas instalaciones de soporte se puedan simplificar.

Por otra parte, sería beneficioso disponer de un proceso mejorado que no precisara de instalaciones ni equipos complejos asociados con otros procesos que requieran un suministro de hidrógeno o sistemas de eliminación de coque, al objeto de que se pudieran implementar en el centro de producción.

40 Resumen de la invención

La presente invención está dirigida a un proceso que satisfaga al menos una de estas necesidades. La presente invención proporciona un proceso para mejorar una porción de un flujo de petróleo crudo sin refinar, poniendo en contacto solamente una sección del flujo de petróleo crudo sin procesar con agua supercrítica. En particular, la presente invención utiliza un proceso EOR para recuperar el petróleo crudo sin procesar, donde el
45 petróleo crudo recuperado es despresurizado de manera gradual, de forma que la fracción pesada del petróleo crudo sin procesar deje de ser miscible con el fluido de recuperación. El flujo de la fracción pesada, que contiene una pequeña cantidad de fluido de recuperación disuelto, se envía a continuación a un dispositivo adecuado en el que el flujo de la fracción pesada entra en contacto con agua en condiciones supercríticas. Dado que la pequeña cantidad de fluido de recuperación disuelto provoca que el flujo de la fracción pesada
50 aumente, el flujo de la fracción pesada se puede mejorar más fácilmente con agua supercrítica, permitiendo la formación de una menor cantidad de coque y unos costes de explotación menores. Por otra parte, dado que el proceso solamente mejora una porción del petróleo crudo sin procesar, el proceso de la presente invención puede gestionar producciones superiores, por lo que se puede emplear en el lugar de producción y reducir todavía más los costes de explotación generales.

5 En una realización de la presente invención, el proceso para mejorar el petróleo crudo sin refinar puede incluir inyectar en un pozo de inyección un fluido de recuperación presurizado a una presión superior a la presión de miscibilidad mínima del fluido de recuperación, de forma que dicho fluido de recuperación pueda ser utilizado para barrer una formación subterránea para mejorar la recuperación del petróleo crudo sin procesar de un pozo de producción. El fluido de recuperación estaría íntimamente mezclado con el petróleo crudo sin procesar tras su recuperación desde el pozo de producción para crear un flujo de alta presión, donde el petróleo crudo sin procesar comprende una fracción ligera y una fracción pesada.

10 A continuación, se despresuriza el flujo de alta presión en condiciones para mantener la miscibilidad de una pequeña porción del fluido de recuperación dentro de la fracción pesada y se separa la fracción pesada del flujo de alta presión para formar un flujo de petróleo crudo ligero y un flujo de la fracción pesada. El flujo de petróleo crudo ligero contiene una porción significativa del fluido de recuperación. El fluido de recuperación se puede separar del flujo de petróleo crudo ligero para formar un flujo de la fracción ligera mediante cualquier dispositivo adecuado, incluyendo un dispositivo de evaporación flash.

15 El flujo de la fracción pesada se transforma en una fracción pesada reformada al poner en contacto el flujo de la fracción pesada con un flujo de suministro de agua en condiciones supercríticas, donde la fracción pesada reformada contiene cantidades reducidas de asfalteno, azufre, nitrógeno o metales que contienen sustancias que contrastan con las del petróleo crudo sin procesar.

20 En una realización alternativa, el flujo de la fracción ligera que se crea después de separar la porción significativa del fluido de recuperación del flujo de petróleo crudo ligero se puede combinar con la fracción pesada reformada para crear petróleo crudo sin procesar mejorado, donde el petróleo crudo sin procesar mejorado tiene una gravedad API superior y cantidades reducidas de asfalteno, azufre, nitrógeno o metales que contienen sustancias que contrastan con las del petróleo crudo sin procesar.

25 En una realización adicional, el fluido de recuperación se selecciona del grupo compuesto por gas, líquido, vapor, productos químicos y combinaciones de estos. En otra realización, el gas se selecciona del grupo compuesto por dióxido de carbono, nitrógeno, gas natural y combinaciones de estos. En otra realización más, el dióxido de carbono es el gas preferido. A efectos de la presente invención, gas significa una sustancia que no es sólida ni líquida a temperaturas y presiones normales.

30 En una realización alternativa, el paso de reformado el flujo de la fracción pesada incluye asimismo la combinación de la fracción pesada con el flujo de suministro de agua para crear una mezcla, donde la mezcla se crea en ausencia de hidrógeno suministrado externamente. A continuación se modifica la temperatura de la mezcla de forma que dicha temperatura en la zona de reacción se sitúe en la temperatura crítica del agua, o por encima de ella, al objeto de que al menos una porción de los hidrocarburos de la mezcla se sometan a craqueo para crear una mezcla adaptada caliente. La mezcla adaptada caliente se enfría y despresuriza para crear una mezcla adaptada de presión reducida. Esta mezcla adaptada de presión reducida se separa en una porción de gas y una porción de líquido y, a continuación, la porción de líquido se separa en un flujo de agua recuperada y la fracción pesada reformada. En una realización alternativa, la mezcla se crea en ausencia de un catalizador suministrado externamente. En otra realización alternativa, la zona de reacción comprende un reactor principal que tiene una porción interior, donde el reactor principal es un reactor orientado verticalmente, de forma que la mezcla precalentada fluya hacia abajo a través del reactor orientado verticalmente. En otra realización, la mezcla adaptada caliente es despresurizada por un dispositivo regulador de la presión. Preferiblemente, el dispositivo regulador de la presión es al menos un regulador de retropresión y más preferiblemente dos o más reguladores de retropresión configurados en paralelo.

45 En una realización alternativa, el paso de reformado el flujo de la fracción pesada puede incluir el incremento de la presión del flujo de suministro de agua y del flujo de la fracción pesada para intentar alcanzar una presión que supere la presión crítica del agua. El flujo de la fracción pesada se mezcla con el flujo de suministro de agua a una temperatura ligeramente elevada para formar la mezcla, y se selecciona una temperatura en un rango que permita que la mezcla a la temperatura ligeramente elevada se pueda bombear con facilidad. Las temperaturas ligeramente elevadas son temperaturas ligeramente elevadas en comparación con la temperatura ambiente. Entre los ejemplos de temperaturas elevadas se incluyen temperaturas en el rango de 50-150 °C. La mezcla, que todavía se mantiene por encima de la presión crítica del agua, se bombea a la zona de calentamiento. La mezcla se calienta en la zona de calentamiento hasta una temperatura en el rango de aprox. 150 °C a 350 °C, para formar la mezcla precalentada. A continuación se suministra la mezcla precalentada en la zona de reacción. La temperatura se incrementa en la zona de reacción hasta una temperatura objetivo que se sitúa en la temperatura crítica del agua, o por encima de ella, de forma que al menos algunos de los hidrocarburos de la mezcla precalentada se sometan a craqueo, formando la mezcla adaptada caliente, y la zona de reacción estará básicamente libre de todo catalizador suministrado externamente y básicamente libre de toda fuente de hidrógeno suministrada externamente. La mezcla adaptada caliente se enfría y despresuriza para crear una mezcla adaptada de presión reducida. La mezcla adaptada de presión reducida se separa en la porción de gas y la porción de líquido utilizando al menos un

separador, y la porción de líquido se separa a continuación en la fracción pesada reformada y el flujo de agua recuperado utilizando al menos un separador de petróleo-agua.

5 En una realización adicional, el flujo de agua recuperado se puede oxidar en condiciones supercríticas para formar el flujo de agua tratado y el flujo de agua tratado se puede reciclar a continuación, combinando el flujo de agua tratado con el flujo de suministro de agua. En otra realización más de la presente invención, el reactor principal puede ser el reactor orientado verticalmente, de forma que la mezcla precalentada fluya hacia abajo a través del reactor orientado verticalmente. En otra realización, la mezcla adaptada caliente es despresurizada por el dispositivo regulador de la presión. Preferiblemente, el dispositivo regulador de la presión es al menos un regulador de retropresión y más preferiblemente dos o más reguladores de retropresión configurados en paralelo.

10 En una realización alternativa, el paso de reformado el flujo de la fracción pesada puede incluir el incremento de la presión del flujo de suministro de agua y del flujo de la fracción pesada para intentar alcanzar una presión que supere la presión crítica del agua. A continuación, se calienta el flujo de suministro de agua hasta una temperatura elevada para formar un flujo de agua calentado, de forma que el flujo de agua calentado esté en un estado supercrítico. El flujo de la fracción pesada se mezcla con el flujo de agua calentado en la zona de mezclado para formar una mezcla precalentada, donde la zona de mezclado se encuentra en una ubicación cercana a la zona de reacción, de forma que la mezcla precalentada se mantenga en un estado supercrítico y, a continuación, se suministra la mezcla precalentada en la zona de reacción. La temperatura se incrementa en la zona de reacción hasta la temperatura objetivo que se sitúa en la temperatura crítica del agua, o por encima de ella, de forma que al menos algunos de los hidrocarburos de la mezcla precalentada se sometan a craqueo, formando la mezcla adaptada caliente, y la zona de reacción estará básicamente libre de todo catalizador suministrado externamente y básicamente libre de toda fuente de hidrógeno suministrada externamente. La mezcla adaptada caliente se enfría y despresuriza para crear la mezcla adaptada refrigerada. La mezcla adaptada refrigerada se despresuriza para crear la mezcla adaptada de presión reducida. La mezcla adaptada de presión reducida se separa en la porción de gas y la porción de líquido utilizando al menos un separador de líquido-gas, y la porción de líquido se separa a continuación en la fracción pesada reformada y el flujo de agua recuperado utilizando al menos un separador de petróleo-agua.

15 En una realización adicional, el flujo de agua recuperado se puede oxidar en condiciones supercríticas para formar el flujo de agua tratado y el flujo de agua tratado se puede reciclar a continuación, combinando el flujo de agua tratado con el flujo de suministro de agua. En otra realización más de la presente invención, el reactor principal puede ser un reactor orientado verticalmente, de forma que la mezcla precalentada fluya hacia abajo a través del reactor orientado verticalmente. En otra realización, la mezcla adaptada caliente es despresurizada por el dispositivo regulador de la presión. Preferiblemente, el dispositivo regulador de la presión es al menos un regulador de retropresión y más preferiblemente dos o más reguladores de retropresión configurados en paralelo.

20 El proceso de la presente invención no requiere un suministro externo de hidrógeno ni un catalizador para mejorar los hidrocarburos. La ausencia de un catalizador se traduce en un proceso rentable, al evitar el coste del catalizador y los inconvenientes operativos derivados del uso de un catalizador externo. Por otra parte, el fluido de agua supercrítica del proceso de la presente invención elimina la formación de coque a diferencia de otros métodos de craqueo térmico y, como resultado, aumenta el rendimiento del líquido.

25 Por otra parte, el fluido de agua supercrítica facilita la transferencia de masa que aumenta la velocidad de reacción. En una realización, el tiempo de residencia de la mezcla precalentada dentro de la zona de reacción se sitúa entre 0,1 y 30 minutos, y más preferiblemente entre 5 y 15 minutos.

30 La presente invención también aporta un aparato para mejorar el petróleo crudo sin procesar. En una realización de la presente invención, el aparato tiene un pozo de inyección, un pozo de producción, un dispositivo de fraccionamiento y una instalación de reforma hidrotérmica. En una realización, el pozo de inyección mantiene una comunicación fluidica con una formación subterránea. Por otra parte, el pozo de inyección se puede utilizar para alojar un fluido de recuperación presurizado e introducir el fluido de recuperación presurizado en la formación subterránea. El fluido de recuperación presurizado se mezcla íntimamente con el petróleo crudo sin procesar dentro de la formación subterránea, formando un flujo de alta presión, de forma que el flujo de alta presión se compone del fluido de recuperación y del petróleo crudo sin procesar, y el petróleo crudo sin procesar comprende una fracción ligera y una fracción pesada. En una realización, el pozo de producción mantiene la comunicación fluidica con la formación subterránea, de forma que el pozo de producción se puede emplear para producir el flujo de alta presión desde la formación subterránea.

35 En una realización de la presente invención, el dispositivo de fraccionamiento mantiene la comunicación fluidica con el pozo de producción. El dispositivo de fraccionamiento se puede emplear para despresurizar el

flujo de alta presión de manera gradual, de forma que la fracción pesada se separe del flujo de alta presión para formar un flujo de petróleo crudo ligero y un flujo de la fracción pesada, al tiempo que una pequeña porción del fluido de recuperación mantiene su miscibilidad dentro de la fracción pesada, y el flujo de petróleo crudo ligero contiene una porción significativa del fluido de recuperación.

5 En una realización de la presente invención, la instalación de reforma hidrotérmica es operable para el reformado del flujo de la fracción pesada en una fracción pesada reformada al poner en contacto el flujo de la fracción pesada con un flujo de suministro de agua en condiciones supercríticas, de forma que la fracción pesada reformada contenga cantidades reducidas de la fracción pesada, asfalteno, azufre, nitrógeno o metales que contienen sustancias que contrastan con las del petróleo crudo sin procesar. En otras realizaciones de la presente invención, la instalación de reforma hidrotérmica tiene una zona de mezclado, una zona de precalentamiento, medios de bombeo a alta presión y una zona de reacción. En una realización, la zona de mezclado incluye un generador de ondas ultrasónicas. Además, la zona de mezclado se puede emplear para combinar el petróleo pesado con un suministro de agua a temperatura ligeramente elevada. La zona de precalentamiento está conectada fluidicamente con la zona de mezclado, con la zona de precalentamiento, que se puede emplear para calentar su contenido hasta una temperatura de aprox. 350 °C. Los medios de bombeo a alta presión se pueden utilizar para aumentar la presión en el interior del aparato para superar la presión crítica del agua. La zona de reacción comprende una porción interior de un reactor principal, donde la zona de reacción está conectada fluidicamente con la zona de precalentamiento, y el reactor principal se puede emplear de forma que soporte una temperatura que sea al menos tan elevada como la temperatura crítica del agua. Adicionalmente, el reactor principal es operable para soportar la presión superior a la presión crítica del agua. En una realización de la presente invención, la zona de reacción se encuentra básicamente libre de un catalizador suministrado externamente y esencialmente libre de una fuente de hidrógeno suministrada externamente.

25 En otras realizaciones de la presente invención, la instalación de reforma hidrotérmica puede incluir también un dispositivo regulador de la presión, un separador de líquido-gas conectado fluidicamente al dispositivo regulador de la presión, y un separador agua-petróleo conectado fluidicamente al separador de líquido-gas. El separador de líquido-gas es operable para crear un flujo de líquido y un flujo de gas, y el separador de agua-petróleo es operable para crear un flujo de agua recuperado y un flujo de hidrocarburo mejorado. En otra realización de la presente invención, la instalación de reforma hidrotérmica puede incluir también un reactor de oxidación conectado fluidicamente con el separador agua-petróleo a través del flujo de agua recuperado. El reactor de oxidación se puede emplear para limpiar el agua recuperada antes de que esta sea reciclada y combinada con el suministro de agua.

35 Por otra parte, el proceso y el aparato de la presente invención se puede utilizar fácilmente en el lugar de producción del petróleo crudo sin procesar, gracias a que diversas realizaciones de la presente invención no requieren instalaciones ni equipos complejos asociados a otros procesos que requieran sistemas de suministro de hidrógeno o de eliminación de coque. Por otra parte, el petróleo crudo de bajo punto de fluidez y elevada gravedad API contiene bajos niveles de azufre, nitrógeno y metales, lo que incrementa el valor de la materia prima, porque esto permite minimizar los costosos hidroprocesamientos posteriores.

40 De acuerdo con un aspecto de la invención, ofrecemos un proceso para mejorar el petróleo crudo sin procesar, de forma que el proceso consiste en los pasos siguientes:

inyectar en un pozo de inyección un fluido de recuperación presurizado, siendo el fluido de recuperación dióxido de carbono, a una presión entre 13790 kPa (2000 psig) y 34474 kPa (5000 psig), de forma que el fluido de recuperación se pueda emplear para barrer una formación subterránea al objeto de mejorar la recuperación de petróleo crudo sin procesar de un pozo de producción, donde el fluido de recuperación se mezcla íntimamente con el petróleo crudo sin procesar tras su recuperación del pozo de producción, para crear un flujo de alta presión, donde el petróleo crudo sin procesar comprende una fracción ligera y una fracción pesada.

Despresurizar el flujo de alta presión hasta una presión de entre 3447 kPa (500 psig) y 13790 kPa (2000 psig) y a una temperatura de entre 0 °C y 50 °C, y separar la fracción pesada del flujo de alta presión para formar un flujo de petróleo crudo ligero y un flujo de la fracción pesada;

50 Reducir la presión del flujo de petróleo crudo ligero hasta la presión atmosférica aproximadamente, al objeto de separar el fluido de recuperación del flujo de petróleo crudo ligero para formar un flujo de la fracción ligera;

Reformado del flujo de la fracción pesada en una fracción pesada reformada al poner en contacto el flujo de la fracción pesada con un flujo de suministro de agua en condiciones supercríticas, de forma que la fracción pesada reformada contenga cantidades reducidas de la fracción pesada, asfalteno, azufre, nitrógeno o metales que contienen sustancias que contrastan con las del petróleo crudo sin procesar.

ES 2 582 392 T3

El proceso puede consistir también en combinar el flujo de la fracción ligera con la fracción pesada reformada para crear petróleo crudo sin procesar mejorado, de forma que el petróleo crudo sin procesar mejorado contenga cantidades reducidas de la fracción pesada, asfalteno, azufre, nitrógeno o metales que contienen sustancias que contrastan con las del petróleo crudo sin procesar.

- 5 El paso de separar el fluido de recuperación del flujo de petróleo crudo ligero puede comprender un dispositivo de evaporación flash.

El paso de reforma del flujo de la fracción pesada puede consistir también en lo siguiente:

combinar la fracción pesada con el flujo de suministro de agua para crear una mezcla, donde la mezcla se crea en ausencia de hidrógeno suministrado externamente;

- 10 modificar la temperatura de la mezcla de forma que dicha temperatura en la zona de reacción se sitúe en la temperatura crítica del agua, o por encima de ella, al objeto de que al menos una porción de los hidrocarburos de la mezcla se sometan a craqueo para crear una mezcla adaptada caliente;

refrigerar y despresurizar la mezcla adaptada caliente para crear una mezcla adaptada de presión reducida;

separar la mezcla adaptada de presión reducida en una porción de gas y una porción de líquido; y

- 15 separar la porción líquida en un flujo de agua recuperado y la fracción pesada reformada.

La mezcla se puede crear en ausencia de un catalizador suministrado externamente.

La mezcla adaptada caliente se puede despresurizar con un dispositivo regulador de la presión, que comprende al menos un regulador de retropresión.

El paso de reforma del flujo de la fracción pesada puede consistir también en lo siguiente:

- 20 aumentar la presión del flujo de suministro de agua y el flujo de la fracción pesada hasta una presión objetivo, de forma que esta presión objetivo supere la presión crítica del agua;

mezclar el flujo de la fracción pesada con el flujo de suministro de agua a una temperatura ligeramente elevada para formar la mezcla, y seleccionar una temperatura en un rango que permita que la mezcla a la temperatura ligeramente elevada se pueda bombear con facilidad;

- 25 bombear la mezcla hasta una zona de calentamiento a una presión superior a la presión crítica del agua;

calentar la mezcla en la zona de calentamiento hasta una temperatura en el rango de aprox. 150 °C a 350 °C, para formar una mezcla precalentada;

suministrar la mezcla precalentada en una zona de reacción;

- 30 incrementar la temperatura en la zona de reacción hasta una temperatura objetivo que se sitúe en la temperatura crítica del agua, o por encima de ella, de forma que al menos una porción de los hidrocarburos de la mezcla precalentada se sometan a craqueo, formando una mezcla adaptada caliente, donde la zona de reacción estará básicamente libre de un catalizador suministrado externamente y básicamente libre de una fuente de hidrógeno suministrada externamente;

refrigerar y despresurizar la mezcla adaptada caliente para formar una mezcla adaptada de presión reducida;

- 35 separar la mezcla adaptada de presión reducida en una porción de gas y una porción de líquido, utilizando al menos un separador; y

separar la porción de líquido en la fracción pesada reformada y un flujo de agua recuperado utilizando al menos un separador de petróleo-agua.

El paso de reforma del flujo de la fracción pesada puede consistir también en lo siguiente:

- 40 aumentar la presión del flujo de suministro de agua y el flujo de la fracción pesada hasta una presión objetivo que supere la presión crítica del agua;

calentar el flujo de suministro de agua hasta una temperatura elevada para formar un flujo de agua calentado, de forma que el flujo de agua calentado se encuentre en un estado supercrítico;

5 mezclar el flujo de la fracción pesada con el flujo de agua calentado en una zona de mezclado para formar una mezcla precalentada, donde la zona de mezclado se encuentra en una ubicación cercana a una zona de reacción, de forma que la mezcla precalentada se mantenga en un estado supercrítico;

suministrar la mezcla precalentada en la zona de reacción;

10 incrementar la temperatura en la zona de reacción hasta una temperatura objetivo que se sitúe en la temperatura crítica del agua, o por encima de ella, de forma que al menos algunos de los hidrocarburos de la mezcla precalentada se sometan a craqueo, formando una mezcla adaptada caliente, donde la zona de reacción estará básicamente libre de un catalizador suministrado externamente y básicamente libre de una fuente de hidrógeno suministrada externamente;

refrigerar y despresurizar la mezcla adaptada caliente para formar una mezcla adaptada de presión reducida;

separar la mezcla adaptada de presión reducida en una porción de gas y una porción de líquido, utilizando al menos un separador de líquido-gas; y

15 separar la porción de líquido en la fracción pesada reformada y un flujo de agua recuperado utilizando al menos un separador de petróleo-agua.

Breve descripción de los dibujos

20 Estas y otras características, aspectos y ventajas de la presente invención se entenderán mejor por referencia a la siguiente descripción, reivindicaciones y dibujos asociados. Sin embargo, cabe señalar que los dibujos ilustran únicamente diversas realizaciones de la invención y que, por tanto, no se puede considerar que limiten el ámbito de aplicación de la invención, dado que es posible que admitan otras realizaciones igualmente efectivas.

La FIG. 1 es una vista en perspectiva de un diagrama del proceso de acuerdo con una realización de la presente invención.

25 La FIG. 2 es una vista más detallada de una realización del paso de reforma del proceso.

La FIG. 3 es una vista más detallada de una realización alternativa del paso de reforma del proceso.

La FIG. 4 muestra la curva de solubilidad del dióxido de carbono tanto en la fracción ligera como en la fracción pesada.

Descripción detallada

30 La presente invención proporciona un proceso para convertir petróleo crudo sin procesar en una materia prima de petróleo crudo más valioso sin un suministro externo de hidrógeno ni catalizadores. Por lo general, el proceso incluye inyectar el fluido de recuperación bajo presión en el pozo de inyección de forma que el fluido de recuperación barra una formación subterránea y de este modo incrementa la producción total del pozo de producción. El proceso consiste asimismo en despresurizar el petróleo crudo sin procesar recuperado, que se encuentra íntimamente mezclado con el fluido de recuperación, de manera gradual, de forma que se separen la fracción ligera y la fracción pesada que componen el petróleo crudo sin procesar. La fracción pesada se puede enviar a continuación a un mecanismo de mejora hidrotérmica para su reforma.

40 Por lo general, el paso de reforma incluye poner en contacto la fracción pesada con agua presurizada caliente para producir una fracción pesada reformada que tiene una gravedad API superior y cantidades reducidas de asfalteno, azufre, nitrógeno o metales que contienen sustancias que contrastan con las del petróleo crudo sin procesar. El paso de reforma se realiza en ausencia de hidrógeno añadido. El agua presurizada caliente se encuentra por encima de la temperatura crítica y presión del agua y muestra propiedades únicas que se utilizan en la presente invención para conseguir los resultados finales deseados.

45 El agua presurizada caliente proporciona un medio de reacción para que los componentes pesados se craqueen formando hidrocarburos de bajo peso molecular, al facilitarse la difusión de masa, la transferencia de calor, la transferencia de hidrógeno intramolecular o intermolecular, la estabilización de los compuestos radicales para eliminar la formación de coque y la eliminación de impurezas tales como el azufre, el nitrógeno y

los metales conteniendo moléculas. A pesar de que no se ha identificado el mecanismo exacto de la eliminación de impurezas, estas parecen ser absorbidas en la fase del agua o se concentran en el coque o en la fracción pesada de los productos mejorados. Gracias al uso de agua supercrítica, estas impurezas se separan del petróleo crudo para evitar efectos perjudiciales.

5 El proceso incluye también la separación del fluido de recuperación del flujo de petróleo crudo ligero para formar el flujo de la fracción ligera y en una realización el flujo de la fracción ligera se combina con la fracción pesada reformada para formar petróleo crudo sin procesar mejorado. Por otra parte, el fluido de recuperación separado del flujo de petróleo crudo ligero se puede recuperar y reciclar para su reutilización durante el paso de inyección.

10 La anterior realización de la presente invención proporciona un proceso eficiente para extraer petróleo crudo sin procesar de la tierra y mejorar el componente pesado de bajo valor del petróleo crudo sin procesar, al tiempo que se mantienen los niveles normales de producción. La invención resulta ventajosa porque no requiere catalizadores de alto coste para el reformado de la fracción pesada. Por otra parte, la presente invención proporciona una forma práctica de fraccionar el petróleo crudo sin procesar en fracciones pesadas y ligeras sin utilizar equipos de destilación más costosos. Asimismo, la presente invención permite a una empresa productora mejorar el petróleo crudo sin procesar en el lugar de producción, en lugar de tener que transferir el petróleo crudo sin procesar a un lugar remoto para la mejora, lo que permite reducir costes.

Por lo que respecta a la FIG. 1, representa una realización de la presente invención en la que el fluido de recuperación es dióxido de carbono. El dióxido de carbono, que se almacena en el tanque de almacenamiento de dióxido de carbono [5], es comprimido e inyectado en el pozo de inyección [15] a través de una línea de dióxido de carbono comprimido [7]. La presión del dióxido de carbono comprimido se mantiene por encima de la presión de miscibilidad mínima (MMP) a fin de garantizar la miscibilidad del dióxido de carbono en el petróleo crudo sin procesar que se encuentra en la formación subterránea [17]. La MMP variará de un pozo a otro; sin embargo, por lo general la MMP del dióxido de carbono oscila entre 13790 kPa (2000 psig) y 27579 kPa (4000 psig). Por tanto, la presión operativa de la inyección de dióxido de carbono se sitúa normalmente entre 13790 kPa (2000 psig) y 34474 kPa (5000 psig). También se puede inyectar agua con el dióxido de carbono para facilitar la recuperación de petróleo crudo, el cual es el conocido diseño de inyección alternada de agua y gas (WAG) y que se incorpora al presente por referencia.

El dióxido de carbono miscible y el petróleo crudo sin procesar alcanzan la superficie de la tierra a través del pozo de producción [25] y, a continuación, este flujo de alta presión [27] entra en el dispositivo de fraccionamiento [35], donde la presión se reduce hasta un nivel inferior a la MMP, pero superior a un determinado valor, de forma que la fracción pesada del flujo de alta presión no resulta miscible con el dióxido de carbono. En una realización, la presión del dispositivo de fraccionamiento [35] se mantiene a una presión dentro de un rango de presión cercano a la presión crítica del dióxido de carbono (7398 kPa o 1073 psig). El rango de presión preferible es de 3447 kPa (500 psig) a 13790 kPa (2000 psig), y más preferiblemente 6895kPa (1000 psig) a 8963kPa (1300 psig). La temperatura en el dispositivo de fraccionamiento [35] se mantiene dentro del rango de 0 °C a 50 °C, y preferiblemente a 20 °C a 40 °C.

Esta porción pesada, denominada flujo de la fracción pesada [4], que todavía contiene una pequeña cantidad de dióxido de carbono, es enviada a continuación a la instalación de reforma hidrotérmica [45], donde el flujo de la fracción pesada [4] se pone en contacto con agua en condiciones supercríticas, dando como resultado la fracción pesada reformada [92]. La presencia de una pequeña cantidad de dióxido de carbono en el flujo de la fracción pesada [4] ofrece dos ventajas. En primer lugar, el dióxido de carbono disuelto en el flujo de la fracción pesada reduce la viscosidad, lo que permite que fluya más fácilmente. En segundo lugar, tal y como se ha mencionado anteriormente, el dióxido de carbono disuelto reduce la densidad de la fracción pesada, lo que permite que el agua supercrítica interactúe de forma más eficaz con las moléculas del petróleo pesado, y esto se traduce en una mejor conversión, una menor cantidad de producción de coque y una reducción de los costes de explotación.

El flujo de petróleo crudo ligero [37], que comprende una porción sustancial del dióxido de carbono y las fracciones ligeras del petróleo crudo sin procesar, sale del dispositivo de fraccionamiento [35] y entra en el separador de dióxido de carbono [55], donde el dióxido de carbono restante es eliminado al reducir la presión hasta un nivel cercano a la presión atmosférica y se produce el flujo de la fracción ligera [59]. El dióxido de carbono separado se recicla y regresa al tanque de almacenamiento de dióxido de carbono [5] a través de una línea de dióxido de carbono reciclado [57]. El flujo de la fracción ligera [59] se introduce a continuación en el tanque de almacenamiento de petróleo crudo sin procesar mejorado [65], donde se combina con la fracción pesada reformada [92] para su almacenamiento. El producto final, el petróleo crudo sin procesar mejorado [96], se puede transportar a continuación para su posterior refinado.

La FIG. 2 representa una realización de la instalación de reforma hidrotérmica [45]. El flujo de suministro de agua [2] se introduce en el tanque de almacenamiento de agua [10], donde el flujo de suministro de agua [2] es bombeado posteriormente en el proceso hacia la zona de mezclado [30] utilizando una bomba dosificadora de agua de alta presión [20]. El flujo de la fracción pesada [4] se introduce de forma similar en el tanque de almacenamiento de la fracción pesada [11], donde el flujo de la fracción pesada [4] es bombeado posteriormente en el proceso hacia la zona de mezclado [30] utilizando una bomba dosificadora de la fracción pesada de alta presión [21]. Antes de la zona de mezclado [30], el flujo de la fracción pesada [4] se encuentra a una temperatura que permite que fluya; sin embargo, preferiblemente la temperatura no supera los 150 °C. Los dos flujos se combinan en la zona de mezclado [30] para formar la mezcla [32]. La mezcla [32] se introduce posteriormente en la zona de calentamiento [40], donde se aumenta la temperatura hasta un rango de 150 a 400 °C, y más preferiblemente de 150 a 350 °C, para formar la mezcla precalentada [42].

A continuación, la mezcla precalentada [42] se introduce en el reactor principal [50], donde la temperatura y la presión se sitúan cerca del punto crítico del agua, o lo superan, de forma que al menos algunos de los hidrocarburos de la mezcla precalentada [42] se someten a craqueo, formando la mezcla adaptada caliente [52], donde el reactor principal [50] tiene una porción interior que se encuentra básicamente libre de cualquier catalizador suministrado externamente y básicamente libre de cualquier fuente de hidrógeno suministrada externamente. A continuación, la mezcla adaptada caliente [52] se enfría utilizando cualquier medio de refrigeración aceptable [60], preferiblemente un intercambiador de calor, creando la mezcla adaptada refrigerada [62]. La mezcla adaptada refrigerada [62] se despresuriza después con un dispositivo regulador de la presión [70] para crear la mezcla adaptada de presión reducida [72]. En una realización, el dispositivo regulador de la presión [70] comprende al menos dos reguladores de retropresión y más preferiblemente tres reguladores de retropresión [70a, 70b, 70c] conectados en paralelo. Esta disposición permite ventajosamente la operación continuada en caso de que el regulador de retropresión principal se obstruya. A continuación, la mezcla adaptada de presión reducida [72] entra en el separador de líquido-gas [80], donde la mezcla adaptada de presión reducida [72] se separa en la porción de gas [82] y la porción de líquido [84]. La porción de líquido [84] se introduce a continuación en el separador de petróleo-agua [90] para producir la fracción pesada reformada [92] y el agua recuperada [94]. En una realización alternativa, el agua recuperada [94] se puede reciclar antes o después del depósito de almacenamiento de agua [10] y reutilizarse como flujo de suministro de agua [2].

La FIG. 3 representa una realización en la que el flujo de suministro de agua [2] se precalienta hasta condiciones supercríticas antes de la zona de mezclado [30]. En esta realización, el flujo de suministro de agua [2] se introduce en el tanque de almacenamiento de agua [10], donde el flujo de suministro de agua [2] es bombeado posteriormente en el proceso utilizando una bomba dosificadora de agua de alta presión [20]. Sin embargo, en lugar de mezclarse primero con el flujo de la fracción pesada [4], el flujo de suministro de agua [2] se somete a calentamiento en la zona de calentamiento [40] para formar el flujo de agua calentada [41], donde el flujo de agua calentada [41] se encuentra en un estado supercrítico.

El flujo de la fracción pesada [4] se introduce de forma similar en el tanque de almacenamiento de petróleo crudo altamente parafínico [11], donde el flujo de la fracción pesada [4] es bombeado posteriormente en el proceso hacia la zona de mezclado [30] utilizando una bomba dosificadora de la fracción pesada de alta presión [21]. Antes de la zona de mezclado [30], el flujo de la fracción pesada [4] se encuentra a una temperatura que permite que fluya; sin embargo, preferiblemente no superior a 150 °C. El flujo de la fracción pesada [4] y el flujo de agua calentada [41] se combinan en la zona de mezclado [30], que se encuentra preferiblemente cerca del reactor principal [50], a fin de crear la mezcla precalentada [42].

La mezcla precalentada [42] entra en el reactor principal [50], donde la temperatura y la presión se sitúan cerca del punto crítico del agua, o lo superan, de forma que al menos algunos de los hidrocarburos de la mezcla precalentada [42] se someten a craqueo, formando la mezcla adaptada caliente [52], donde el reactor principal [50] se encuentra básicamente libre de cualquier catalizador suministrado externamente y básicamente libre de cualquier fuente de hidrógeno suministrada externamente. A continuación, la mezcla adaptada caliente [52] se enfría utilizando cualquier medio de refrigeración aceptable [60], preferiblemente un intercambiador de calor, creando la mezcla adaptada refrigerada [62]. La mezcla adaptada refrigerada [62] se despresuriza después con un dispositivo regulador de la presión [70] para crear la mezcla adaptada de presión reducida [72]. En una realización, el dispositivo regulador de la presión [70] comprende al menos dos reguladores de retropresión y más preferiblemente tres reguladores de retropresión [70a, 70b, 70c] conectados en paralelo. Esta disposición permite ventajosamente la operación continuada en caso de que el regulador de retropresión principal se obstruya. A continuación, la mezcla adaptada de presión reducida [72] entra en el separador de líquido-gas [80], donde la mezcla adaptada de presión reducida [72] se separa en la porción de gas [82] y la porción de líquido [84]. La porción de líquido [84] se introduce a continuación en el separador de petróleo-agua [90] para producir la fracción pesada reformada [92] y el agua recuperada [94]. En una realización alternativa, el agua recuperada [94] se puede reciclar antes o después del depósito de almacenamiento de agua [10] y reutilizarse como flujo de suministro de agua [2].

La FIG. 4 muestra la curva de solubilidad general del dióxido de carbono expresada como una función de la presión. Por lo general, el dióxido de carbono se disuelve más fácilmente en fracciones de petróleo de peso molecular más bajo que en las fracciones de petróleo de peso molecular más elevado. La curva 1 representa la curva de solubilidad del dióxido de carbono en fracciones pesadas, mientras que la curva 2 representa la curva de solubilidad del dióxido de carbono en fracciones ligeras. En la presente invención, la presión A representa la presión del flujo de alta presión que sale del pozo de producción, mientras que la presión B es la presión del dispositivo de fraccionamiento [35] de la FIG. 1.

Tal y como se muestra en la FIG. 4, la solubilidad del dióxido de carbono de la fracción pesada desciende más rápidamente que en la fracción ligera. Esta diferencia de solubilidad es lo que permite que la invención consiga separar la fracción pesada del resto del flujo de alta presión. En la práctica, la presión A debería superar la MMP del fluido de recuperación, que puede ser medido o previsto.

La presión B se puede seleccionar óptimamente realizando una serie de experimentos. Intuitivamente, si la presión B es demasiado elevada, se separa una menor cantidad de la fracción pesada, lo que limita la conversión total; sin embargo, si la presión B es demasiado reducida, una porción relativamente significativa de la fracción ligera se envía a la instalación de reforma hidrotérmica, que requiere un equipo más grande y una mayor potencia para dar cabida al flujo adicional de la fracción ligera a través del mecanismo hidrotérmico. En cualquier caso, se reduce la eficiencia total del proceso. Por tanto, es necesario realizar experimentos para optimizar la presión operativa del dispositivo de fraccionamiento [35] de la FIG. 1, teniendo en cuenta, por ejemplo, el tipo de fluido de recuperación utilizado, las características exclusivas del petróleo crudo sin procesar, las características del equipo y las producciones deseadas, entre otras muchas variables que deberán resultar evidentes para los expertos en la técnica.

REIVINDICACIONES

1. Un proceso para mejorar el petróleo crudo sin procesar, que se compone de los pasos siguientes:

5 inyectar en un pozo de inyección un fluido de recuperación presurizado, siendo el fluido de recuperación dióxido de carbono, a una presión entre 13790 kPa (2000 psig) y 34474 kPa (5000 psig), de forma que el fluido de recuperación se pueda emplear para barrer una formación subterránea al objeto de mejorar la recuperación de petróleo crudo sin procesar de un pozo de producción, donde el fluido de recuperación se mezcla íntimamente con el petróleo crudo sin procesar tras su recuperación del pozo de producción, a fin de crear un flujo de alta presión, donde el petróleo crudo sin procesar comprende una fracción ligera y una fracción pesada.

10 despresurizar el flujo de alta presión hasta una presión de entre 3447 kPa (500 psig) y 13790 kPa (2000 psig) y a una temperatura de entre 0 °C y 50 °C, y separar la fracción pesada del flujo de alta presión para formar un flujo de petróleo crudo ligero y un flujo de la fracción pesada;

reducir la presión del flujo de petróleo crudo ligero hasta la presión atmosférica aproximadamente, al objeto de separar el fluido de recuperación del flujo de petróleo crudo ligero para formar un flujo de la fracción ligera;

15 reformado del flujo de la fracción pesada en una fracción pesada reformada al poner en contacto el flujo de la fracción pesada con un flujo de suministro de agua en condiciones supercríticas, de forma que la fracción pesada reformada contenga cantidades reducidas de la fracción pesada, asfalteno, azufre, nitrógeno o metales que contienen sustancias que contrastan con las del petróleo crudo sin procesar.

20 2. El proceso de la reivindicación 1 que consiste también en combinar el flujo de la fracción ligera con la fracción pesada reformada para crear un petróleo crudo sin procesar mejorado, de forma que el petróleo crudo sin procesar mejorado contiene cantidades reducidas de la fracción pesada, asfalteno, azufre, nitrógeno o metales que contienen sustancias que contrastan con las del petróleo crudo sin procesar.

3. El proceso de la reivindicación 1 donde el paso de separar el fluido de recuperación del flujo de petróleo crudo ligero comprende un dispositivo de evaporación flash.

25 4. El proceso de la reivindicación 1, donde el paso de reformado el flujo de la fracción pesada comprende también lo siguiente:

combinar la fracción pesada con el flujo de suministro de agua para crear una mezcla, donde la mezcla se crea en ausencia de hidrógeno suministrado externamente;

30 modificar la temperatura de la mezcla de forma que dicha temperatura en la zona de reacción se sitúe en la temperatura crítica del agua, o por encima de ella, al objeto de que al menos una porción de los hidrocarburos de la mezcla se sometan a craqueo para crear una mezcla adaptada caliente;

refrigerar y despresurizar la mezcla adaptada caliente para crear una mezcla adaptada de presión reducida;

separar la mezcla adaptada de presión reducida en una porción de gas y una porción de líquido; y

separar la porción líquida en un flujo de agua recuperado y la fracción pesada reformada.

35 5. El proceso de la reivindicación 1, donde la mezcla se crea en ausencia de un catalizador suministrado externamente.

6. El proceso de la reivindicación 1, donde la mezcla adaptada caliente se despresuriza con un dispositivo regulador de la presión, que comprende al menos un regulador de retropresión.

40 7. El proceso de la reivindicación 1, donde el paso de reformado el flujo de la fracción pesada comprende también lo siguiente:

aumentar la presión del flujo de suministro de agua y el flujo de la fracción pesada hasta una presión objetivo, de forma que esta presión objetivo supere la presión crítica del agua;

45 mezclar el flujo de la fracción pesada con el flujo de suministro de agua a una temperatura ligeramente elevada para formar la mezcla, y seleccionar una temperatura en un rango que permita que la mezcla a la temperatura ligeramente elevada se pueda bombear con facilidad;

ES 2 582 392 T3

bombear la mezcla hasta una zona de calentamiento a una presión superior a la presión crítica del agua;

calentar la mezcla en la zona de calentamiento hasta una temperatura en el rango de aprox. 150 °C a 350 °C, para formar una mezcla precalentada;

alimentar la mezcla precalentada en una zona de reacción;

5 incrementar la temperatura en la zona de reacción hasta una temperatura objetivo que se sitúe en la temperatura crítica del agua, o por encima de ella, de forma que al menos una porción de los hidrocarburos de la mezcla precalentada se sometan a craqueo, formando una mezcla adaptada caliente, donde la zona de reacción estará básicamente libre de un catalizador suministrado externamente y básicamente libre de una fuente de hidrógeno suministrada externamente;

10 refrigerar y despresurizar la mezcla adaptada caliente para formar una mezcla adaptada de presión reducida;

separar la mezcla adaptada de presión reducida en una porción de gas y una porción de líquido, utilizando al menos un separador; y

separar la porción de líquido en la fracción pesada reformada y un flujo de agua recuperado utilizando al menos un separador de petróleo-agua.

15 8. El proceso de la reivindicación 1, donde el paso de reformado el flujo de la fracción pesada comprende también lo siguiente:

aumentar la presión del flujo de suministro de agua y el flujo de la fracción pesada hasta una presión objetivo que supere la presión crítica del agua;

20 calentar el flujo de suministro de agua hasta una temperatura elevada para formar un flujo de agua calentado, de forma que el flujo de agua calentado se encuentre en un estado supercrítico;

mezclar el flujo de la fracción pesada con el flujo de agua calentado en una zona de mezclado para formar una mezcla precalentada, donde la zona de mezclado se encuentra en una ubicación cercana a una zona de reacción, de forma que la mezcla precalentada se mantenga en un estado supercrítico;

alimentar la mezcla precalentada en la zona de reacción;

25 incrementar la temperatura en la zona de reacción hasta una temperatura objetivo que se sitúe en la temperatura crítica del agua, o por encima de ella, de forma que al menos algunos de los hidrocarburos de la mezcla precalentada se sometan a craqueo, formando una mezcla adaptada caliente, donde la zona de reacción estará básicamente libre de un catalizador suministrado externamente y básicamente libre de una fuente de hidrógeno suministrada externamente;

30 refrigerar y despresurizar la mezcla adaptada caliente para formar una mezcla adaptada de presión reducida;

separar la mezcla adaptada de presión reducida en una porción de gas y una porción de líquido, utilizando al menos un separador de líquido-gas; y

separar la porción de líquido en la fracción pesada reformada y un flujo de agua recuperado utilizando al menos un separador de petróleo-agua.

FIG. 1

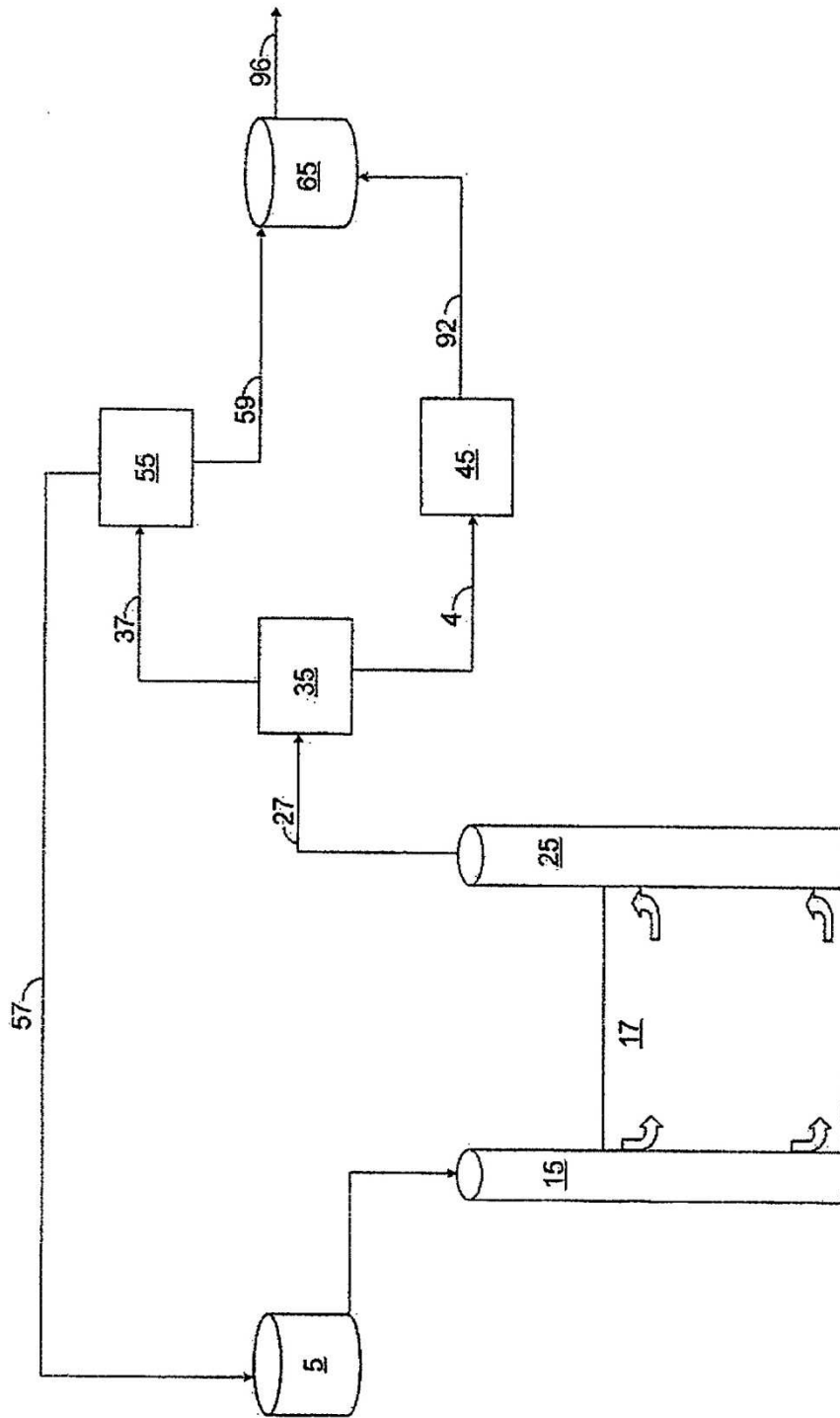


FIG. 2

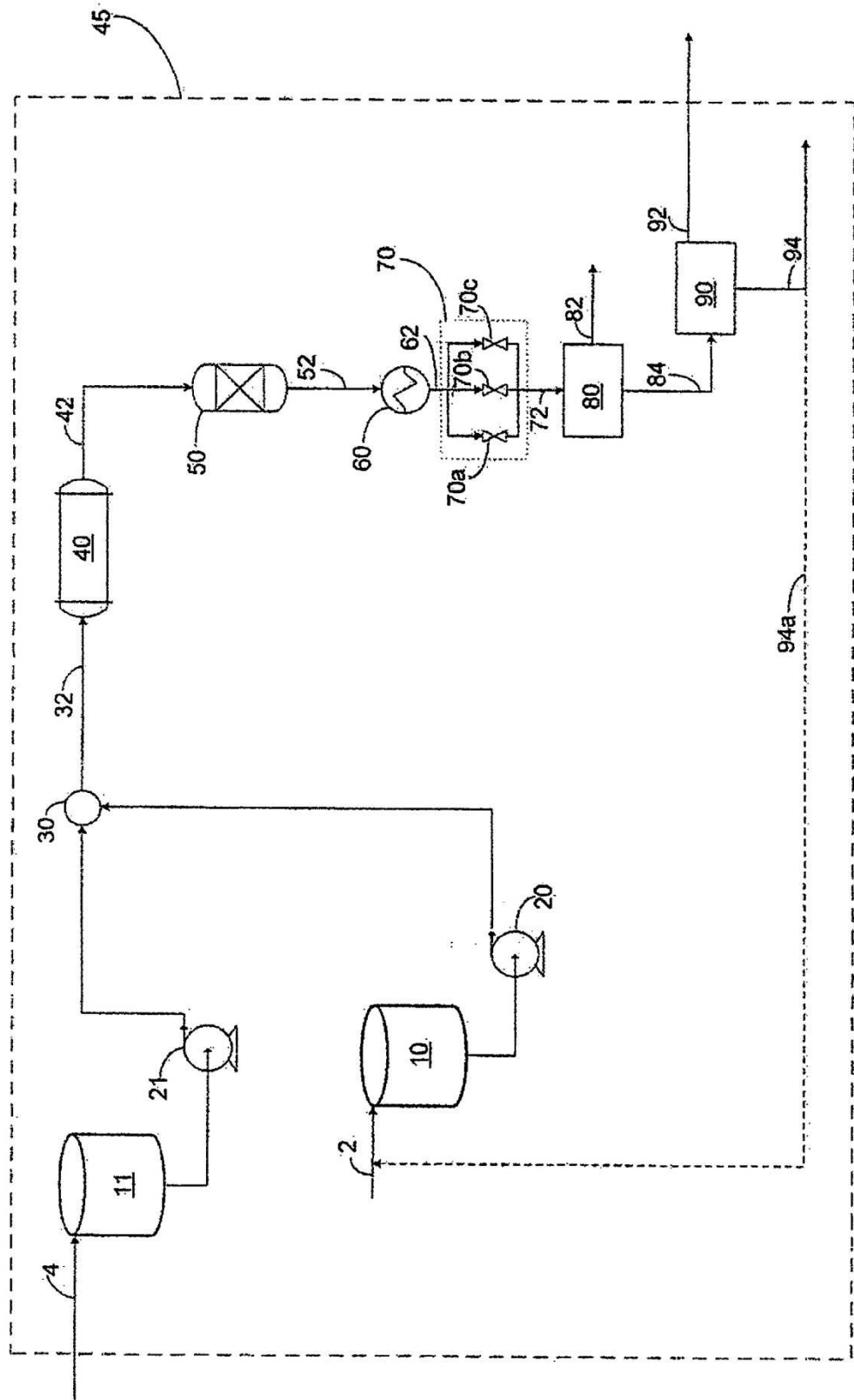


FIG. 3

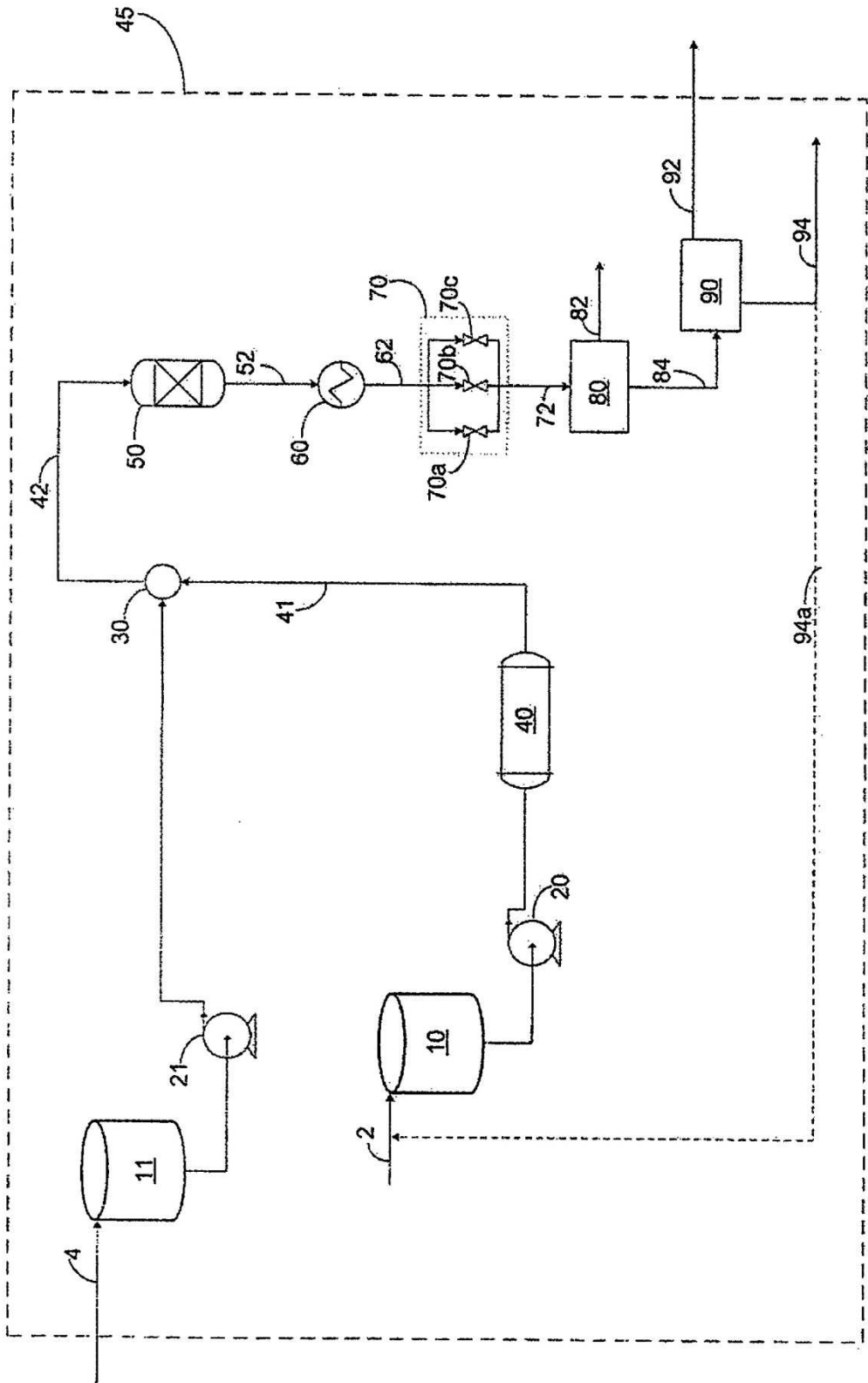
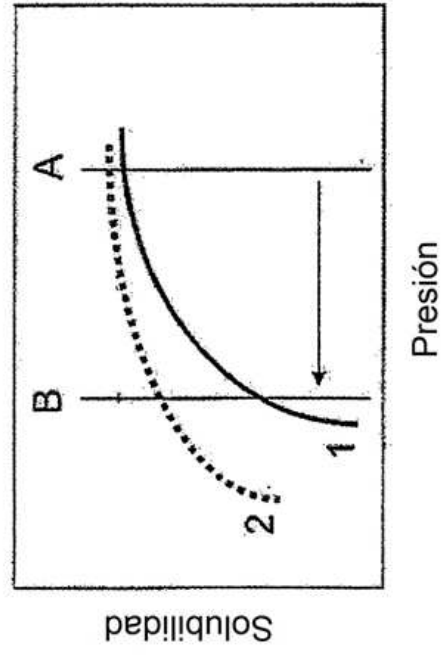


FIG. 4



1: Curva de solubilidad de la fracción pesada, 2: Curva de solubilidad de la fracción ligera

A: Presión en el pozo de producción, B: Presión en el fraccionador