

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 551 608**

51 Int. Cl.:

**C10G 47/00** (2006.01)

**C10G 47/02** (2006.01)

**C10G 47/36** (2006.01)

**C10G 67/06** (2006.01)

**C10G 7/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.10.2011 E 11773391 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.08.2015 EP 2630218**

54 Título: **Procedimiento para hidrocraquear una materia prima de alimentación hidrocarbonada**

30 Prioridad:

**27.01.2011 US 201161436873 P**

**08.12.2010 US 421058 P**

**20.10.2010 WO PCT/EP2010/006411**

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

**20.11.2015**

73 Titular/es:

**HALDOR TOPSØE A/S (100.0%)**

**Haldor Topsøes Allé 1**

**2800 Kgs. Lyngby, DK**

72 Inventor/es:

**LOW, GORDON, GONGNGAI y**

**HUNTER, MICHAEL, GLENN**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 551 608 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**

Procedimiento para hidrocraquear una materia prima de alimentación hidrocarbonada

5 El invento se refiere a un procedimiento para hidrocraquear una materia prima de alimentación hidrocarbonada con el fin de obtener unos más valiosos productos que hierven a más bajas temperaturas, tales como un gas de petróleo licuado (LPG, acrónimo de liquefied petroleum gas), una nafta, un queroseno y un aceite para motores de ciclo diésel. En particular, el invento concierne a un procedimiento según el cual unos compuestos aromáticos polinucleares pesados son concentrados en una porción del aceite no convertido, de manera tal que ellos pueden ser retirados, dando como resultado una conversión y un rendimiento acrecentada/o de productos.

10 La conversión completa de gasóleos de petróleo o pesados sintéticos en unos productos destilados tales como una gasolina, unos combustibles para motores de chorros y de ciclo diésel en un hidrocraqueador está limitada prácticamente por la formación de unos compuestos aromáticos polinucleares pesados (HPNA, acrónimo de heavy polynuclear aromatic). Estos compuestos, formados mediante unas reacciones secundarias indeseadas, son estables y virtualmente imposibles de hidrocraquear. Los HPNA son unos compuestos aromáticos policíclicos condensados que tienen anillos de 7+, por ejemplo coronenos  $C_{24}H_{12}$ , benzocoronenos  $C_{28}H_{14}$ , dibenzocoronenos  $C_{32}H_{16}$  y ovalenos  $C_{32}H_{14}$ .

15 Los HPNA con anillos aromáticos de 7+ son unos productos secundarios de unas reacciones de hidrocraqueo que potencialmente pueden causar importantes problemas en las unidades de hidrocraqueo. Cuando se rebasa el límite de solubilidad para los HPNA, se forman unos materiales sólidos en las conducciones de transferencia, en las válvulas y en las superficies de los intercambiadores de calor. Más aún, los HPNA pueden contribuir a que se realice una desactivación de los catalizadores mediante una inhibición reversible y una formación de coque. Los problemas con los HPNA se presentan particularmente cuando se someten a tratamiento unas materias primas de alimentación pesadas con unos altos puntos finales de destilación y unas materias primas craqueadas más aromáticas en las unidades de reciclado con alta conversión.

20 Consiguientemente, los HPNA se acumulan hasta unos altos niveles en las corrientes recicladas que normalmente se emplean en unos procesos de alta conversión, dando como resultado un ensuciamiento de los catalizadores y del equipo.

25 La solución convencional de este problema consiste en eliminar una porción de la corriente de aceite reciclado como una corriente de aceite no convertido para purgar los compuestos HPNA a partir del sistema, equilibran de una manera efectiva la tasa de purga de los HPNA con la tasa de formación de éstos mediante reacciones químicas. Este enfoque limita el nivel de conversión total que se puede conseguir en el hidrocraqueador.

30 En un procedimiento convencional de hidrocraqueo con alto grado de conversión, una materia prima de alimentación de gasóleo pesado hidrocarbonado es combinada con un gas rico en hidrógeno y es hecha reaccionar en presencia del catalizador para obtener un efluente hidrocraqueado que comprende unos productos con un peso molecular más bajo, que son menos densos. El efluente hidrocraqueado procedente del reactor es condensado y separado en una zona de separación para dar una porción líquida que comprende principalmente unos hidrocarburos y una porción de vapor que comprende principalmente el hidrógeno que no ha reaccionado. El vapor procedente de esta separación se puede combinar con una reposición de hidrógeno para tomar en cuenta el hidrogeno que se ha consumido por la reacción y luego puede ser comprimido y recirculado de retorno al recipiente del reactor. La primera porción líquida procedente de la zona de separación es luego dirigida a una sección de fraccionamiento, en donde los productos más ligeros son destilados a partir de los productos pesados no convertidos en una sección de fraccionamiento, p.ej. en una torre de fraccionamiento o en una serie de torres de fraccionamiento. Normalmente se introduce calor en esta operación de recuperación con el fin de proporcionar la energía necesaria para efectuar la separación.

35 El enfoque convencional para reprimir la acumulación de compuestos HPNA en el aceite reciclado consiste en retirar una purga de un producto de aceite reciclado a partir de la unidad, como un aceite no convertido. La tasa de purga puede ser ajustada de manera tal que se equilibra el rechazo de los HPNA con la producción neta. Dicha purga reduce esencialmente el nivel de conversión total que se puede conseguir hidrocraqueando hasta menos que 100 por ciento. Dependiendo de la calidad de la alimentación y de las condiciones del proceso, la tasa de purga puede ser de desde uno o dos por ciento hasta un valor tan alto como de 10 por ciento de la tasa de alimentación fresca (= de nueva aportación). El rendimiento de valiosos productos destilados se reduce correspondientemente con una pérdida económica sustancial para el refinador.

40 Las patente de los EE.UU. nº 6.361.683 divulga un procedimiento de hidrocraqueo según el cual el efluente hidrocraqueado es separado por arrastre con hidrógeno en una zona de separación por arrastre para producir una corriente hidrocarbonada gaseosa que se hace pasar a través de una zona de hidrogenación posterior al tratamiento con el fin de saturar a los compuestos aromáticos. La zona de fraccionamiento está asociada con una zona de

55

separación por arrastre, que es alimentada con un líquido hidrocarbonado separado por arrastre, que se ha obtenido separando por arrastre el efluente hidrocraqueado. Se considera también una separación por arrastre para retirar los HPNA.

5 La patente de los EE.UU. nº 6.858.128 describe un procedimiento de hidrocraqueo que utiliza una zona de fraccionamiento que tiene una sección de fondo con una pared divisoria para incluir unas secciones que son apropiadas para la separación por arrastre con vapor con el fin de concentrar los HPNA.

10 Las patentes de los EE.UU. nº 4.961.839 y 5.120.427 describen un procedimiento de hidrocraqueo en el que la totalidad de la fracción de colas es alimentada a una columna de separación por arrastre, que se proporciona como una columna de pequeña altura que está situada en el fondo de la zona de fraccionamiento. La zona de fraccionamiento es alimentada por una corriente vaporizada, con el fin de recuperar la mayoría de los hidrocarburos ligeros, al mismo tiempo que hace posible realizar una purga de una corriente de colas neta líquida que es rica en los HPNA. Esta patente emplea un alto grado de vaporización de la alimentación al proceso de fraccionamiento, con el fin de reducir al mínimo la corriente purgada y asegurar que solamente se recicle una fracción exenta de los PNA, pero este alto grado de vaporización está asociado con un indeseado consumo de energía.

15 Hay un incentivo económico sustancial en llevar al máximo la conversión de la alimentación pesada, y una característica clave de la mayor parte de tales procesos es el reciclaje de un aceite no convertido de retorno al sistema de reacción, reprimiendo de esta manera la severidad del craqueo y mejorando la selectividad de las reacciones de hidrocraqueo para unos productos finales más deseables, tales como una gasolina, unos combustibles para motores de chorro y unos combustibles para motores de ciclo diésel. Todos los procesos y catalizadores de hidrocraqueo conocidos están sujetos, sin embargo, a unas reacciones secundarias indeseables que conducen a la formación de unos compuestos aromáticos polinucleares pesados (HPNA), que se acumulan en la corriente reciclada de aceite no convertido. Estos compuestos son virtualmente imposibles de convertir mediante reacciones de hidrocraqueo y muestran una fuerte tendencia a acumularse hasta unos altos niveles de concentración en la corriente de aceite reciclado. Según se va acumulando la concentración, el rendimiento del sistema de reactores es degradado continuamente, conduciendo a unas condiciones antieconómicas.

Es un objetivo del invento proporcionar un procedimiento de hidrocraqueo según el cual se aumente la conversión de los materiales más pesados y de altísimo peso molecular en unos productos, dando como resultado un rendimiento neto reducido de aceite no convertido.

30 Un objetivo adicional del procedimiento de hidrocraqueo es reducir al mínimo la necesidad de una purga concentrando los compuestos HPNA en una porción de la corriente de aceite no convertido.

Estos objetivos se alcanzan mediante un procedimiento de hidrocraqueo que comprende las etapas de:

- (a) combinar una materia prima de alimentación hidrocarbonada y una corriente reciclada de la fracción pesada de colas con un gas rico en hidrógeno para obtener una mezcla que comprende una materia prima de alimentación hidrocarbonada e hidrógeno;
- 35 (b) hidrocraquear catalíticamente la mezcla que comprende una materia prima de alimentación hidrocarbonada e hidrógeno en una zona de hidrocraqueo para obtener un efluente hidrocraqueado;
- (c) separar el efluente hidrocraqueado en una primera porción de vapor y en una primera porción líquida en una zona de separación;
- 40 (d) calentar la primera porción líquida para formar una primera porción líquida vaporizada;
- (e) alimentar la primera porción líquida vaporizada a una sección de fraccionamiento que produce unas fracciones de productos individuales que incluyen una fracción pesada de colas que comprende un aceite no convertido en la zona de fondo de la sección de fraccionamiento;
- (f) retirar desde la sección de fraccionamiento la fracción pesada de colas;
- 45 (g) disociar la fracción pesada de colas en una corriente destinada a ser separada por arrastre y en una corriente reciclada de la fracción pesada de colas;
- (h) calentar la corriente destinada a ser separada por arrastre antes del proceso de separación por arrastre con el fin de aumentar su temperatura por encima de su punto de burbujeo mediante una o más fuentes de calor tomadas del conjunto que se compone de una o más corrientes procedentes del procedimiento de hidrocraqueo, un efluente del reactor, una fuente externa de un medio de calentamiento, vapor de agua a alta presión, un gas de chimenea caliente procedente de un calentador que funciona por combustión, y un calentamiento eléctrico que proporciona una corriente calentada destinada a ser separada por arrastre,
- 50 (i) separar por arrastre la corriente calentada destinada a ser separada por arrastre con un medio de separación por arrastre en una columna de separación por arrastre en contracorriente con el fin de formar un vapor de cabeza y un líquido separado por arrastre;
- 55 (j) alimentar el vapor de cabeza a la sección de fraccionamiento, a la corriente de la fracción pesada de colas o a una posición situada corriente arriba de la sección de fraccionamiento; y
- (k) retirar por lo menos una parte del líquido separado por arrastre desde la columna de separación en contracorriente como una purga neta de aceite no convertido.

- 5 En una forma de realización, la primera porción líquida vaporizada está vaporizada en por lo menos un 50 %, de manera preferible en por lo menos un 75 %, de manera incluso más preferible en por lo menos un 85 %, y de manera sumamente preferible en por lo menos un 90 %, y está vaporizada en a lo sumo un 95 %, de manera preferible en a lo sumo un 90 %, de manera incluso más preferible en al sumo un 85 %, y de manera sumamente preferible en a lo sumo un 75 %, con los efectos asociados de aumentar la separación de los HPNA y del producto en la zona de fraccionamiento con un grado creciente de vaporización, y aumentar la eficiencia energética con un grado decreciente de vaporización, puesto que cualesquiera fracciones vaporizadas recicladas experimentarán un adicional cambio de fases antes del reciclaje.
- 10 En una forma de realización, una parte del líquido separado por arrastre se recicla, se combina con la corriente destinada a ser separada por arrastre y se dirige a una entrada de la columna de separación por arrastre en contracorriente, dando como resultado una concentración aumentada de los HPNA en la purga neta.
- 15 En una forma de realización, la porción reciclada del líquido separado por arrastre y/o la corriente destinada a ser separada por arrastre se calientan mediante intercambio de calor con la fracción pesada de colas, con el beneficio de obtener una recuperación aumentada del calor residual y una mejor circulación y separación del líquido en el separador por arrastre.
- 20 En una forma de realización adicional, la corriente destinada a ser separada por arrastre es calentada antes del proceso de separación por arrastre con el fin de aumentar su temperatura por encima de su punto de burbujeo por encima de 300°C, de manera preferible por encima de 320°C y de manera sumamente preferible por encima de 330°C, lo cual tiene el efecto de concentrar incluso más los HPNA, facilitando la evaporación de otros constituyentes.
- 25 En una forma de realización adicional, la energía térmica es transferida desde la fracción pesada de colas al medio de separación por arrastre mediante intercambio de calor, lo que permite un intercambio de calor en unas corrientes que no han sido concentradas adicionalmente para dar un aceite no convertido pesado mediante separación por arrastre.
- 30 En una forma de realización adicional, el medio de separación por arrastre es un vapor de agua, preferiblemente un vapor de agua a presión mediana que tiene una presión comprendida entre 1 y 20 bares manométricos, de manera más preferible entre 3,5 y 10 bares manométricos y de manera sumamente preferible entre 3,5 y 6 bares manométricos.
- 35 En una forma de realización, la primera porción de vapor comprende unos productos más ligeros de bajo peso molecular e hidrógeno no convertido.
- Otra forma de realización proporciona, como la fracción pesada de colas, la fracción de ebullición normal a la más alta temperatura procedente de la sección de fraccionamiento, que comprende un material hidrocarbonado.
- En una forma de realización, se obtiene una separación mejorada en la columna de separación por arrastre en contracorriente puesto que ella comprende múltiples escalones en equilibrio en la forma de platos o un material de empaquetadura.
- 40 En una forma de realización adicional, una parte de la fracción pesada de colas es dirigida a una corriente de una fracción pesada de colas destinada a ser reciclada y es combinada con la materia prima de alimentación hidrocarbonada destinada a ser introducida en la zona de hidrocrqueo con el fin de proporcionar el hidrocrqueo de un aceite no convertido.
- 45 En una forma de realización, el caudal de la corriente destinada a ser separada por arrastre es controlado por medio de una unidad de control de la circulación de acuerdo con un caudal deseado de la purga neta de aceite no convertido, de manera tal que se puede optimizar la circulación de la purga neta.
- La materia prima de alimentación hidrocarbonada puede ser hidrotratada antes del hidrocrqueo.
- 50 En una forma de realización, algo o la totalidad de la energía para calentar a la corriente destinada a ser separada por arrastre es proporcionada a partir de un intercambio de calor con una o más corrientes procedentes del procedimiento de hidrocrqueo, p.ej. un efluente del reactor, o a partir de un intercambio de calor con una fuente externa de un medio de calentamiento tal como un vapor de agua a alta presión, un gas de chimenea caliente procedente de un calentador que funciona por combustión, o por un calentamiento eléctrico.
- Una forma de realización implica un procedimiento en el que el líquido separado por arrastre comprende compuestos aromáticos polinucleares pesados en una cantidad mayor que la cantidad comprendida en la fracción

pesada de colas que se ha retirado desde la columna de fraccionamiento, reduciendo de esta manera la participación del aceite no convertido en la corriente de purga neta.

5 En una forma de realización adicional, la corriente de salida del medio de separación por arrastre desde la unidad de separación por arrastre puede ser añadida a la sección de fraccionamiento, dando como resultado un ahorro de consumo del medio de separación por arrastre.

10 En una forma de realización adicional, el procedimiento comprende además la etapa de reciclar algo del líquido separado por arrastre procedente de la columna de separación por arrastre en contracorriente y mezclarlo con la corriente destinada a ser separada por arrastre, con el fin de alimentarlo a la columna de separación por arrastre en contracorriente, con el efecto asociado de proporcionar una concentración incluso más alta de los HPNA en el aceite no convertido. En este caso puede ser necesario añadir calor adicional al proceso de separación por arrastre en contracorriente, con el fin de asegurar que el líquido esté por encima de la temperatura del punto de burbujeo durante la separación por arrastre.

15 En una forma de realización adicional, los HPNA son extraídos desde la purga neta por adsorción sobre un agente adsorbente, con el fin de permitir que la purga neta sea reciclada al proceso, con el beneficio de un rendimiento aumentado.

La Fig. 1 ilustra una forma de realización del procedimiento de acuerdo con el invento, en la que se emplea el control de la circulación en la corriente destinada a ser separada por arrastre y se recicla una parte de la fracción pesada de colas.

20 El procedimiento divulgado utiliza unas etapas específicas del procedimiento para reducir la purga neta de aceite no convertido procedente de un hidrocraqueador. Esta reducción se puede conseguir tomando la corriente de la fracción de colas desde el fondo de la sección de fraccionamiento del producto, tal como una columna de fraccionamiento, calentándola sustancialmente por encima de su punto de burbujeo y luego separado por arrastre con vapor de agua en una columna en contracorriente con unos platos de fraccionamiento o un material de empaquetadura. La etapa de separación por arrastre a una temperatura elevada vaporiza una cantidad sustancial de la corriente de la fracción de colas en comparación con la simple separación por arrastre de la fracción pesada de colas en su punto de burbujeo sin calentar. El vapor de cabeza de la fracción pesada de colas puede ser devuelto a la sección de fraccionamiento, p.ej. en el fondo. La parte separada por arrastre de la fracción pesada de colas sigue siendo un líquido y es recogida en el fondo de la torre de separación por arrastre. Esta corriente está teniendo un punto de ebullición sustancialmente más alto que el aceite no convertido original y por lo tanto los HPNA se concentran en el líquido de colas más pesado, que entonces puede ser retirado como una purga neta desde el hidrocraqueador.

35 La concentración más alta de los HPNA en el líquido separado por arrastre permite la retirada de la cantidad deseada de los HPNA con una tasa de purga más baja en una corriente de purga neta. La tasa de purga neta reducida da como resultado una conversión total más alta en el hidrocraqueador conjuntamente con unos rendimientos aumentados de productos destilados valiosos..

La concentración de los HPNA en la purga neta puede incluso ser aumentada adicionalmente reciclando una parte del líquido separado por arrastre de la fracción pesada de colas a una entrada del separador por arrastre. La corriente reciclada puede ser calentada por intercambio de calor con p.ej. la fracción pesada de colas con el fin de optimizar el consumo de calor del proceso.

40 Esta divulgación proporciona un procedimiento simple para concentrar a los compuestos HPNA en una porción de la corriente de aceite no convertido y de este modo reducir al mínimo el caudal de purga requerido. El caudal de purga requerido es reducido sustancialmente, conduciendo con ello a una más alta conversión y a unos mejores rendimientos de los productos finales.

45 La divulgación utiliza unas etapas específicas del procedimiento para reducir sustancialmente la purga requerida de aceite no convertido procedente del hidrocraqueador, tal como por lo menos en un 25 por ciento y preferiblemente en un 50 por ciento o más. Esta reducción se consigue retirando una fracción de colas que comprende un aceite no convertido en una primera corriente de purga procedente de la sección de fraccionamiento, calentándola sustancialmente por encima de su punto de burbujeo y luego separándola por arrastre con vapor de agua en una columna en contracorriente con unos platos de fraccionamiento o un material de empaquetadura. La etapa de separación por arrastre vaporiza una cantidad sustancial, tal como por lo menos un 25 por ciento y de manera preferible un 50 por ciento o más de la corriente de la fracción de colas devolviendo este vapor de cabeza al fondo de la sección de fraccionamiento. El resto de la corriente de la fracción de colas permanece en forma de un líquido separado por arrastre y es recogido en el fondo de la torre de separación por arrastre. Este líquido está hirviendo a una temperatura sustancialmente más alta que el aceite no convertido original y, a causa del punto de ebullición normal muy alto de los compuestos HPNA, la separación física concentra a los HPNA en el líquido de colas más pesado, que luego es retirado como una purga neta desde el hidrocraqueador. La más alta concentración de los

HPNA en el líquido separado por arrastre permite la retirada de los HPNA requeridos con un caudal de purga más bajo. La tasa de purga reducida da como resultado una conversión total más alta en el hidrocraqueador conjuntamente con unos rendimientos aumentados de valiosos productos destilados.

5 Mediante el recurso de proporcionar la separación por arrastre del aceite no convertido en una etapa separada del procedimiento, se obtienen múltiples efectos ventajosos. Se hace posible un control independiente de la temperatura y de la circulación, que permite una optimización de las condiciones de separación por arrastre, y se habilita una circulación en contracorriente, que tiene una mejor eficiencia de separación por arrastre en comparación con la circulación en isocorriente.

10 Se hace referencia a la Fig. 1, que ilustra esquemáticamente los flujos del proceso y la configuración del equipo que se encarna en este invento.

15 Una materia prima de alimentación fresca, que se compone de una alimentación hidrocarbonada, tal como una de petróleo o de unos gasóleos pesados sintéticos de origen mineral o biológico **1**, es combinada con un gas **2** rico en hidrógeno y con una corriente reciclada opcional **16** de producto no convertido y es alimentada a una zona de hidrocraqueo **3** que se compone de uno o más catalizadores contenidos en uno o más recipientes de reacción. Los catalizadores favorecen la hidroconversión de la materia prima de alimentación hidrocarbonada, que puede incluir una hidrogenación a la forma de un efluente hidrocraqueado más ligero. El efluente del hidrocraqueo, que comprende unos productos hidrocarbonados conjuntamente con hidrógeno en exceso no consumido por la reacción sale de la zona de hidrocraqueo por **4** y entra en una zona de separación **5** que se compone de uno o más recipientes que realizan la separación en una primera porción de vapor y una primera porción líquida. La primera porción de vapor **6** procedente de la zona de separación puede ser combinada con hidrógeno de reposición **7** para reponer el hidrógeno que se ha consumido por la reacción. La corriente rica en hidrógeno puede luego ser comprimida en un compresor **8** para ser reciclada de retorno a la zona de hidrocraqueo.

20 La primera porción líquida **9** procedente de la etapa de separación pasa a un calentador **10** del proceso, que suministra energía para vaporizar sustancialmente al fluido **11** antes de alimentarlo a la sección de fraccionamiento **12** del producto. La sección de fraccionamiento se compone de una o más torres o columnas con múltiples escalones en equilibrio en la forma de platos o de un material de empaquetadura, que se pueden hacer funcionar en una circulación en contracorriente. Las torres normalmente trabajan separando por arrastre con vapor de agua o recalentando para facilitar la vaporización de los productos. La sección de fraccionamiento realiza la separación de unas fracciones de producto e intermedias individuales **13**, **14**, tales como una gasolina, un combustible para motores de chorros y un combustible para motores de ciclo diésel de acuerdo con las diferencias en sus puntos de ebullición normales. Junto a la zona de fondo de la sección de fraccionamiento, la fracción de colas más pesada, es decir un aceite no convertido **15**, se puede recoger y retirar como un producto de aceite no convertido o devolver al reactor en la conducción **16** como una corriente de aceite reciclado para una conversión ulterior.

35 La meta de un procedimiento de hidrocraqueo es convertir en productos la totalidad o tanta cantidad de los materiales más pesados y de peso molecular más alto que no resulte ningún rendimiento neto o resulte un rendimiento neto mínimo de aceite no convertido **15**. Sin embargo, una primera purga de aceite no convertido o fracción pesada de colas **17** debe de ser retirada desde el hidrocraqueador posiblemente en el dispositivo de control de la circulación **18** con el fin de evitar una acumulación de los HPNA dentro del sistema de reacción. En un sistema de separación por arrastre de la fracción pesada de colas, la corriente de la fracción pesada de colas que está destinada a ser separada por arrastre es encaminada a un calentador **19** del proceso, de manera tal que la temperatura de esta corriente **20** destinada a ser separada por arrastre sea aumentada sustancialmente por encima del punto de burbujeo de la corriente destinada a ser separada por arrastre y de la temperatura del fondo de la sección de fraccionamiento. Esta corriente calentada destinada a ser separada por arrastre es luego alimentada a la parte superior de una torre **21** de separación por arrastre en contracorriente, que se compone de múltiples escalones en equilibrio en la forma de platos o de un material de empaquetadura. Se añade vapor de agua al fondo **22** de la torre de separación por arrastre con el fin de facilitar la vaporización del aceite no convertido. El vapor de cabeza **23** procedente en la parte superior de la torre de separación por arrastre es encaminado al fondo de la columna de fraccionamiento **12**. La porción líquida separada por arrastre de la corriente destinada a ser separada por arrastre que no se ha vaporizado en el separador por arrastre circula hasta el fondo de la torre y es luego retirada desde el hidrocraqueador como una purga neta **24** de aceite no convertido.

55 Las condiciones de funcionamiento en el sistema de separación por arrastre de la fracción pesada de colas se establecen de manera tal que la purga neta **24** de aceite no convertido, procedente del fondo del separador por arrastre sea sustancialmente menor que la fracción pesada de colas, es decir el aceite no convertido **17** retirado desde la corriente de la fracción pesada de colas destinada a ser separada por arrastre, mientras que se retiran en grado suficiente los HPNA indeseados.

Se hace referencia a la Fig. 2 que ilustra esquemáticamente los flujos del proceso y la configuración del equipo en un detalle de una forma de realización preferida, que emplea los mismos números de referencia que la Fig. 1 para unos elementos similares que tienen una función similar.

La Fig. 2 muestra el esquema de flujos a la xc de la sección de fraccionamiento. Los elementos anteriores del proceso corresponden a los de la Fig. 1 como se ha descrito anteriormente.

Tal como se ha mencionado, la meta de un procedimiento de hidrocraqueo es convertir en productos la totalidad o tanta cantidad de los materiales más pesados y de peso molecular más alto que no resulte ningún rendimiento neto o resulte un rendimiento neto mínimo de aceite no convertido **15**. Sin embargo, una primera purga de aceite no convertido o fracción pesada de colas **17** debe de ser retirada desde el hidrocraqueador posiblemente en el dispositivo de control de la circulación **18** con el fin de evitar una acumulación de los HPNA dentro del sistema de reacción. En un sistema de separación por arrastre de la fracción pesada de colas de acuerdo con la presente divulgación, la corriente de la fracción pesada de colas, que se retira, es dirigida como una corriente destinada a ser separada por arrastre y puede ser encaminada a un calentador **19** del proceso de manera tal que la temperatura de la corriente **20** destinada a ser separada por arrastre sea aumentada sustancialmente por encima del punto de burbujeo de la corriente de la fracción pesada de colas destinada a ser separada por arrastre y de la temperatura del fondo de la sección de fraccionamiento. Esta corriente calentada destinada a ser separada por arrastre es luego alimentada a la parte superior de una torre **21** de separación por arrastre en contracorriente que se compone de múltiples escalones en equilibrio en la forma de platos o de un material de empaquetadura. Se añade vapor de agua al fondo **22** de la torre de separación por arrastre con el fin de facilitar la vaporización del aceite no convertido. El vapor de cabeza procedente de la parte superior **23** de la torre de separación por arrastre es encaminado al fondo de la columna de fraccionamiento **12**. El líquido separado por arrastre a partir de la corriente destinada a ser separada por arrastre, que no se ha vaporizado en el separador por arrastre, circulará hacia el fondo de la torre. Una parte de este líquido separado por arrastre se retira desde el hidrocraqueador como una purga neta **24** (una purga necesaria) de aceite no convertido, y otra parte **25** se recicla a una entrada **22** la torre de separación por arrastre, que o bien puede ser la misma o una diferente de la entrada a través de la que se alimenta la corriente destinada a ser separada por arrastre procedente de la sección de fraccionamiento. En la Fig. Dos, el líquido reciclado **27** es calentado por intercambio de calor en **26** con la fracción pesada de colas **15** de la sección de fraccionamiento.

Las condiciones de funcionamiento en el sistema de separación por arrastre de la fracción pesada de colas se establecen de una manera tal que la purga neta **24** de aceite no convertido procedente del fondo del separador por arrastre sea sustancialmente menor que la fracción pesada de colas, es decir el aceite no convertido **17** que se retira desde la corriente de la fracción pesada de colas destinada a ser separada por arrastre, mientras que se retiran en grado suficiente los HPNA indeseados.

En una forma de realización alternativa del invento, que se ilustra en la Fig. 3, una porción **25** del líquido separado por arrastre **24** es reciclada y alimentada a la parte superior del separador por arrastre **21** después de haber sido calentada por intercambio de calor con la corriente de la fracción pesada de colas **24**. El calentamiento de este líquido separado por arrastre y reciclado es requerido debido a la caída de temperatura causada por la puesta en contacto con el gran volumen de vapor de agua usado para la separación por arrastre. Se puede suministrar una energía térmica sustancial al líquido separado por arrastre y al aceite no convertido de esta manera, sin aumentar la temperatura excesivamente por encima de la temperatura de alimentación al separador por arrastre. Esto tiene el beneficio de reducir la degradación térmica del aceite no convertido en comparación con la alimentación de la fracción pesada de colas al separador por arrastre a una temperatura más alta. Adicionalmente, en la forma de realización de la Fig. 3, el vapor de cabeza **23** es dirigido a una posición situada corriente arriba de la sección de fraccionamiento **12** y no directamente a la sección de fraccionamiento, lo que puede requerir menos reconfiguración en el caso de retroajustar una unidad existente, en comparación con las formas de realización en donde el vapor de cabeza es dirigido directamente a la sección de fraccionamiento **12**.

Dependiendo de la configuración del equipo hidrotrotador y de la sección de fraccionamiento, existen unas configuraciones alternativas de la torre de separación por arrastre.

En unos casos alternativos, en donde la sección de fraccionamiento **12** es una columna de destilación en vacío, o es un fraccionador principal con un primer recalentador que funciona por combustión, de modo tal que no es hecho funcionar con vapor de agua, el concentrador de los HPNA no estará configurado para devolver una corriente de salida de vapor de agua al fraccionador. En estos casos el concentrador de los HPNA puede ser configurado con un condensador para condensar el vapor de agua y los hidrocarburos de cabeza. El agua de cabeza procedente del vapor de agua se puede volver a usar como agua de lavado y los hidrocarburos de cabeza se pueden alimentar al fraccionador, a la corriente reciclada o a una posición situada corriente arriba del fraccionador, tal como un tambor de sumidero de la alimentación.

En dichas formas de realización alternativas, la fracción pesada de colas procedente de la columna de fraccionamiento se puede usar todavía para precalentar la corriente de líquido separado por arrastre que se recicla.

Las condiciones de presión del separador por arrastre deberían ser configuradas de manera correspondiente, p.ej. para funcionar en vacío o a una baja presión si se requiere, mediante el recurso de ser unidas al sistema de vacío y de usar solamente una pequeña cantidad de vapor de agua a baja presión para separar por arrastre el aceite no convertido.

En unas formas de realización alternativas, se pueden usar también unas sustancias alternativas al vapor de agua como un medio de separación por arrastre, tales como metano u otros gases.

5 Otros destinos alternativos del vapor de cabeza procedente del separador por arrastre pueden incluir cualquier posición situada corriente arriba de la sección de fraccionamiento incluyendo la entrada en el calentador 10 del proceso.

Con el fin de optimizar el rendimiento adicionalmente, es también posible retirar los HPNA por adsorción en un lecho de carbón activado, u otro agente absorbente, tal como se divulga en el documento US 4.447.315. Dicho lecho trabajará especialmente bien en el caso de una corriente de purga de HPNA en alta concentración, puesto que el tamaño del lecho puede ser más pequeño. El funcionamiento puede implicar hacer funcionar de manera alternante 10 dos lechos en paralelo, de manera tal que un lecho puede ser regenerado o reemplazado sin interrumpir el funcionamiento de la instalación.

EJEMPLOS

**Ejemplo 1**

15 Con el fin de ensayar la disociación potencial de los HPNA en el invento propuesto, una muestra de aceite no convertido hidrocraqueado, que se había obtenido a partir de una instalación de hidrocraqueo que funcionaba comercialmente con las propiedades que se muestran en la Tabla 1, fue destilada en un aparato conforme a la norma ASTM D-1160. Puesto que este aparato no utiliza ningún reflujo, él genera una separación física con solapamiento sustancial entre los productos de cabeza y de colas y se corresponde bien con el sistema de separación entre vapor y líquido en un simple separador por arrastre con vapor de agua.

20

**Tabla 1**

| Propiedades de una muestra de aceite no convertido |             |  |       |
|--|-------------|--|-------|
| Peso específico                                    |             |  | 0,844 |
| Compuestos aromáticos nucleares pesados            |             |  |       |
| Coroneno   | ppm en peso |  | 394   |
| 1-MetilCoroneno                                    | ppm en peso |  | 132   |
| NafCoroneno  | ppm en peso |  | 127   |
| Ovaleno  | ppm en peso |  | 91    |
| Total de los HPNA                                  | ppm en peso |  | 744   |
| Destilación  |             |  |       |
| Punto de ebullición inicial                        | °C          |  | 342   |
| 10 %   | °C          |  | 397   |
| 50 %   | °C          |  | 451   |
| 90 %   | °C          |  | 513   |
| Punto de ebullición final                          | °C          |  | 572   |

25

30

35 Dos destilaciones de laboratorio se realizaron usando el método y el aparato conforme a la norma ASTM D-1160, produciendo el primero de ellos una fracción de colas de 50 por ciento en volumen de la carga inicial y produciendo el segundo de ellos una fracción de colas de solamente 20 por ciento en volumen de la carga, para mostrar documentalmente como los HPNA se repartirían en las fracciones de cabeza y de colas. Los resultados de un análisis de los HPNA y un análisis de la destilación tanto en la fracción de colas como en las fracciones de vapor de cabeza se recopilan en la Tabla 2.

40

**Tabla 2**

| Propiedades de las fracciones destiladas                           |             |       |           |       |           |
|--|-------------|-------|-----------|-------|-----------|
| Caso   | Fracción    | I     |           | II    |           |
|  |             | Colas | Destilado | Colas | Destilado |
| Rendimiento  | % en vol.   | 50    | 50        | 20    | 90        |
| Peso específico de los compuestos aromáticos polinucleares pesados |             | 0,849 | 0,838     | 0,855 | 0,840     |
| Coroneno   | ppm en peso | 650   | 105       | 775   | 245       |
| 1-MetilCoroneno  | ppm en peso | 240   | 20        | 385   | 55        |
| NafCoroneno  | ppm en peso | 235   | <5        | 565   | <5        |
| Ovaleno  | ppm en peso | 175   | <5        | 475   | <5        |
| Total de los HPNA  | ppm en peso | 1.300 | 130       | 2.200 | 305       |
| Punto de ebullición inicial  | °C          | 406   | 288       | 440   | 338       |
| 10 %   | °C          | 439   | 380       | 473   | 391       |
| 50 %   | °C          | 479   | 426       | 510   | 441       |
| 90 %   | °C          | 531   | 463       | 550   | 483       |
| Punto de ebullición final  | °C          | 583   | 511       | 596   | 529       |

Estos resultados muestran con claridad que la destilación según la norma ASTM ha conseguido una separación sustancial de los HPNA entre el material destilado de cabeza y la fracción de colas. Esto es una consecuencia de la volatilidad muy baja de los compuestos HPNA. En un hidrocraqueador, es necesario purgar una suficiente cantidad de los HPNA a partir del sistema para equilibrar la producción neta de los HPNA por reacción. En este ejemplo, el Caso I da como resultado un aumento de la concentración total de los HPNA por un factor de desde 744 ppm en peso a 1.300 ppm en peso o 175 por ciento. El Caso II da como resultado un aumento de los HPNA totales por un factor de desde 744 ppm en peso a 2.200 ppm en peso o 295 por ciento.

### Ejemplo 2

El rendimiento del invento se evaluó basándose en un separador por arrastre con vapor de agua en las condiciones que se muestran en la Tabla 3 siguiente.

Tabla 3

| Condiciones del proceso para la columna de separación por arrastre con vapor de agua |                    |       |
|--|--------------------|-------|
| Platos teóricos  |                    | 4     |
| Caudal del vapor de agua para separación por arrastre (22)                           | kg/h               | 3,243 |
| Presión de la parte superior de la columna   | bares manométricos | 1,30  |
| Presión de la parte inferior de la columna   | bares manométricos | 1,36  |

Unos experimentos del procedimiento se realizaron a dos diferentes temperaturas de alimentación al separador por arrastre, 350°C y 380°C, para ilustrar la disociación del vapor de cabeza y de los productos líquidos de colas. Una molécula del HPNA coroneno se incluyó también en el experimento para mostrar cómo los equilibrios entre el vapor y el líquido podrían predecir la distribución de las especies de HPNA más ligeras. Los resultados basados en una temperatura de alimentación al separador por arrastre de 350°C se presentan en la Tabla 4 siguiente. A esta temperatura de alimentación, se destila por la cabeza un 50 por ciento en peso y se recupera un 50 por ciento en el producto líquido de colas. El componente coroneno ha sido concentrado en la fracción de colas del separador por arrastre desde 461 ppm en peso en la alimentación hasta 691 ppm en peso en la fracción de colas, lo que corresponde a 150 por ciento.

Tabla 4

| Tasas y propiedades de la alimentación al separador por arrastre y del producto    |             |   |                               |                 |
|--|-------------|---|-------------------------------|-----------------|
| Descripción de la corriente  |             | Corriente destinada a ser separada por arrastre | Líquido separado por arrastre | Vapor de cabeza |
| Corriente nº   |             | <b>20</b>                                       | <b>24</b>                     | <b>23</b>       |
| Temperatura de la corriente  | °C          | 350   | 209                           | 312             |
| Rendimiento ( % de la alimentación) de compuestos aromáticos polinucleares pesados | % en peso   | 100   | 50                            | 50              |
| Destilación de coroneno  | ppm en peso | 461   | 691                           | 231             |
| IBP  | °C          | 300   | 40                            | 3282            |
| 10 %   | °C          | 360   | 393                           | 344             |
| 50 %   | °C          | 427   | 447                           | 407             |
| 90 %   | °C          | 483   | 505                           | 455             |
| FBP  | °C          | 560   | 563                           | 511             |

Los resultados del separador por arrastre, basados en una temperatura de alimentación al separador por arrastre de 380°C se presentan en la Tabla 5 siguiente. A esta temperatura de alimentación, un 64 por ciento en peso se destila por la cabeza y se recupera un 36 por ciento en el producto líquido de colas. El componente coroneno ha sido concentrado en la fracción de colas del separador por arrastre desde 466 ppm en peso en la alimentación hasta 727 ppm en peso en la fracción de colas lo que corresponde a 156 por ciento. La mayor parte de las moléculas de los HPNA que están implicadas en el hidrocraqueador son de hecho más pesadas y menos volátiles que el coroneno y se puede esperar que se concentren aún más en la corriente de colas del separador por arrastre.

Tabla 5

| Tasas y propiedades de la alimentación al separador por arrastre y del producto    |             |   |                               |                 |
|--|-------------|---|-------------------------------|-----------------|
| Descripción de la corriente  |             | Corriente destinada a ser separada por arrastre | Líquido separado por arrastre | Vapor de cabeza |
| Corriente nº   |             | <b>20</b>                                       | <b>24</b>                     | <b>23</b>       |
| Temperatura de la corriente  | °C          | 380   | 195                           | 325             |
| Rendimiento ( % de la alimentación) de compuestos aromáticos polinucleares pesados | % en peso   | 100   | 36                            | 64              |
| Destilación de coroneno  | ppm en peso | 466   | 727                           | 319             |
| IBP  | °C          | 300   | 346                           | 288             |
| 10 %   | °C          | 360   | 398                           | 350             |
| 50 %   | °C          | 427   | 454                           | 414             |
| 90 %   | °C          | 483   | 515                           | 462             |
| FBP  | °C          | 560   | 554                           | 524             |

## Ejemplo 3

5 El rendimiento de una forma de realización que está basada en reciclar la fracción de colas del separador por arrastre en la misma cantidad que la corriente de alimentación y en calentar a la misma temperatura de 350°C se muestra en la Tabla 6. Una comparación de la curva de destilación de la corriente de purga neta **24** en la Tabla 4 y en la Tabla 6 muestra que con el reciclaje de una parte de la corriente de salida del separador por arrastre, aumenta la cantidad de los productos de alto punto de ebullición en la purga neta, es decir que la temperatura de la ebullición del 10 % más alta aumenta desde 505°C a 527°C. Con este más alto grado de concentración, puede verse en la Tabla 6 que la concentración de coroneno en el vapor de cabeza **23** está sólo ligeramente por debajo de la de la fracción pesada de colas **15**, lo que indica que una gran porción de este trazador de HPNA se ha volatilizado para dar la fracción de vapor de cabeza. Sin embargo, otros compuestos HPNA que son más pesados y que hierven a una más alta temperatura que el coroneno se concentrarían predominantemente en la fracción pesada de colas y serían purgados a partir del sistema.

Tabla 6

| Tasas y propiedades de la alimentación al separador por arrastre y del producto    |             |   |                                      |                               |                 |
|--|-------------|---|--------------------------------------|-------------------------------|-----------------|
| Configuración de reciclado de colas alternativa                                    |             |   |                                      |                               |                 |
| Descripción de la corriente  |             | Corriente destinada a ser separada por arrastre | Reciclaje del separador por arrastre | Líquido separado por arrastre | Vapor de cabeza |
| Corriente nº   |             | <b>20</b>                                       | <b>27</b>                            | <b>24</b>                     | <b>23</b>       |
| Temperatura de la corriente  | °C          | 350   | 350                                  | 254                           | 326             |
| Rendimiento ( % de la alimentación) de compuestos aromáticos polinucleares pesados | % en peso   | 100   | 100                                  | 20                            | 80              |
| Destilación de coroneno  | ppm en peso | 470   | 720                                  | 720                           | 408             |
| IBP  | °C          | 301   | 376                                  | 376                           | 295             |
| 10 %   | °C          | 361   | 415                                  | 415                           | 355             |
| 50 %   | °C          | 428   | 472                                  | 472                           | 419             |
| 90 %   | °C          | 484   | 527                                  | 527                           | 465             |
| FBP  | °C          | 527   | 554                                  | 554                           | 488             |

15 Estos resultados demuestran que en unas condiciones razonables y prácticas de temperatura, presión y caudal, la corriente de aceite no convertido puede ser disociada mediante una separación por arrastre con vapor de agua y dar como resultado la concentración de los compuestos HPNA en la corriente líquida de colas. Esta concentración conducirá a unas disminuidas tasas de purga netas a partir del hidrocraqueador y una/un correspondiente conversión aumentada y rendimientos aumentados de productos destilados.

20 Un ejemplo de la mejoría en la conversión, que compara un caso con una purga neta igual a tres por ciento en volumen de la alimentación hidrocarbonada con un caso que tiene una purga neta igual a 0,6 por ciento en volumen de la alimentación hidrocarbonada, se muestra en la Tabla 7. La producción de nafta, queroseno y aceite diésel aumentó desde 107,45 hasta 109,84 por ciento en volumen de la alimentación hidrocarbonada.

**Tabla 7**

| Rendimientos en % en volumen<br>de la alimentación | Mejoría del rendimiento debida a la separación por arrastre de la purga |   |
|--|---|---|
|  | Sin separación por arrastre<br>de la purga                              | Con purga neta separada<br>por arrastre |
| Nafta  | 23,42   | 23,94                                   |
| Queroseno  | 54,42   | 55,63                                   |
| Aceite Diésel                                      | 29,61   | 30,27                                   |
| Purga neta de aceite no convertido                 | 3,0   | 0,60                                    |
| Nafta + queroseno + aceite diésel                  | 107,45  | 109,84                                  |

## REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de hidrocrqueo que comprende las etapas de:
- (a) combinar una materia prima de alimentación hidrocarbonada y una corriente reciclada de la fracción pesada de colas con un gas rico en hidrógeno para obtener una mezcla que comprende una materia prima de alimentación hidrocarbonada e hidrógeno;
  - (b) hidrocrquear catalíticamente la mezcla que comprende una materia prima de alimentación hidrocarbonada e hidrógeno en una zona de hidrocrqueo para obtener un efluente hidrocrqueado;
  - (c) separar el efluente hidrocrqueado en una primera porción de vapor y en una primera porción líquida en una zona de separación;
  - (d) calentar la primera porción líquida para formar una primera porción líquida vaporizada;
  - (e) alimentar la primera porción líquida vaporizada a una sección de fraccionamiento que produce unas fracciones de productos individuales que incluyen una fracción pesada de colas que comprende un aceite no convertido en la zona de fondo de la sección de fraccionamiento;
  - (f) retirar desde la sección de fraccionamiento la fracción pesada de colas;
  - (g) disociar la fracción pesada de colas en una corriente destinada a ser separada por arrastre y en una corriente reciclada de la fracción pesada de colas;
  - (h) calentar la corriente destinada a ser separada por arrastre antes del proceso de separación por arrastre con el fin de aumentar su temperatura por encima de su punto de burbujeo mediante una o más fuentes de calor tomadas del conjunto que se compone de una o más corrientes procedentes del procedimiento de hidrocrqueo, un efluente del reactor, una fuente externa de un medio de calentamiento, vapor de agua a alta presión, un gas de chimenea caliente procedente de un calentador que funciona por combustión, y un calentamiento eléctrico que proporciona una corriente calentada destinada a ser separada por arrastre,
  - (i) separar por arrastre la corriente calentada destinada a ser separada por arrastre con un medio de separación por arrastre en una columna de separación por arrastre en contracorriente con el fin de formar un vapor de cabeza y un líquido separado por arrastre;
  - (j) alimentar el vapor de cabeza a la sección de fraccionamiento, a la corriente de la fracción pesada de colas o a una posición situada corriente arriba de la sección de fraccionamiento; y
  - (k) retirar por lo menos una parte del líquido separado por arrastre desde la columna de separación en contracorriente como una purga neta de aceite no convertido.
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la primera porción líquida vaporizada está vaporizada por lo menos en un 50 %.
3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en el que una parte del líquido separado por arrastre se recicla, se combina con la corriente destinada a ser separada por arrastre y se dirige a una entrada de la columna de separación por arrastre en contracorriente.
4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, en el que la porción reciclada del líquido separado por arrastre y/o la corriente destinada a ser separada por arrastre se calienta por intercambio de calor con la fracción pesada de colas.
5. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 hasta 4, en el que la corriente destinada a ser separada por arrastre es calentada antes del proceso de separación por arrastre para aumentar su temperatura por encima de su punto de burbujeo por encima de 300°C.
6. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 hasta 3, en el que la energía térmica se transfiere desde la fracción pesada de colas al medio de separación por arrastre mediante un intercambio de calor.
7. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 hasta 4, en el que el medio de separación por arrastre es vapor de agua, preferiblemente un vapor de agua a presión mediana que tiene una presión comprendida entre 1 y 20 bares manométricos.
8. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 hasta 7, en el que la columna de separación por arrastre en contracorriente comprende múltiples escalones en equilibrio en la forma de platos o de un material de empaquetadura.
9. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 hasta 8, en el que la materia prima de alimentación hidrocarbonada es hidrotratada antes del hidrocrqueo.
10. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 hasta 9, en el que la corriente de salida del medio de separación por arrastre desde la unidad de separación por arrastre es añadida a la columna de fraccionamiento.

11. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que los HPNA se extraen desde la purga neta mediante adsorción sobre un agente adsorbente.

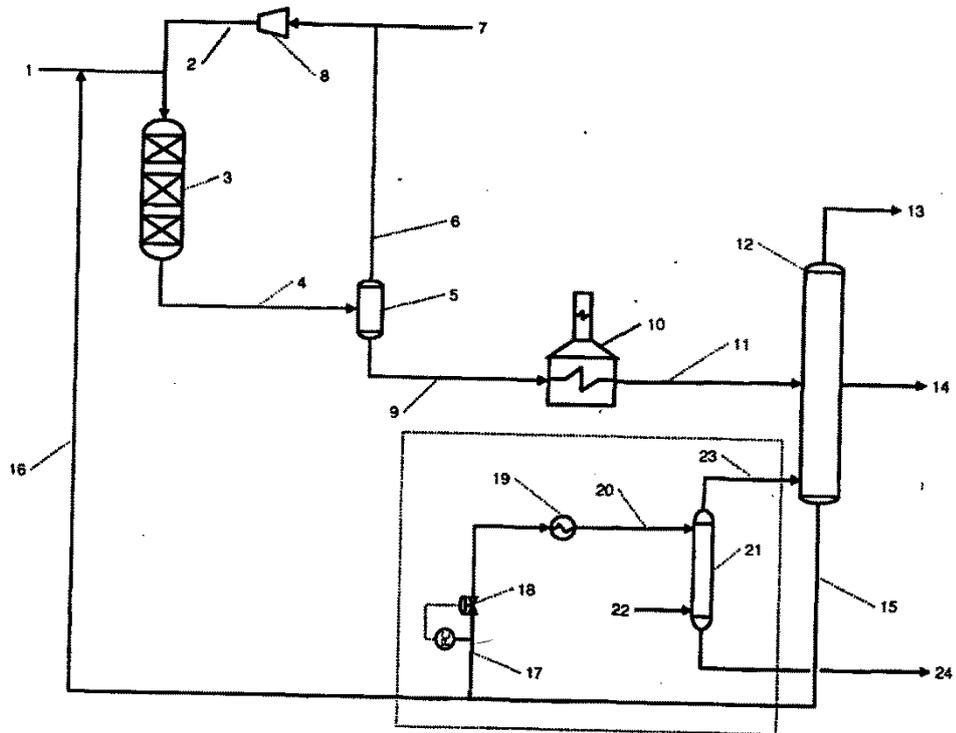


Fig.1

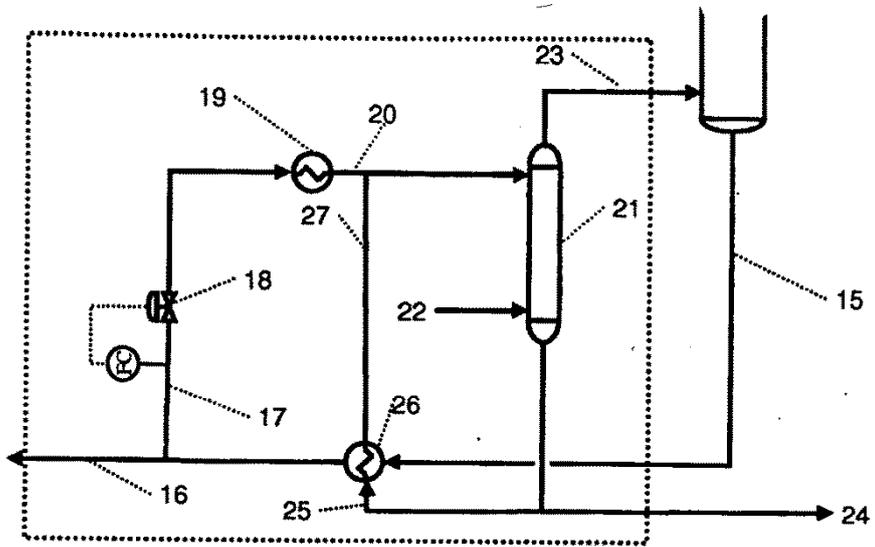


Fig. 2

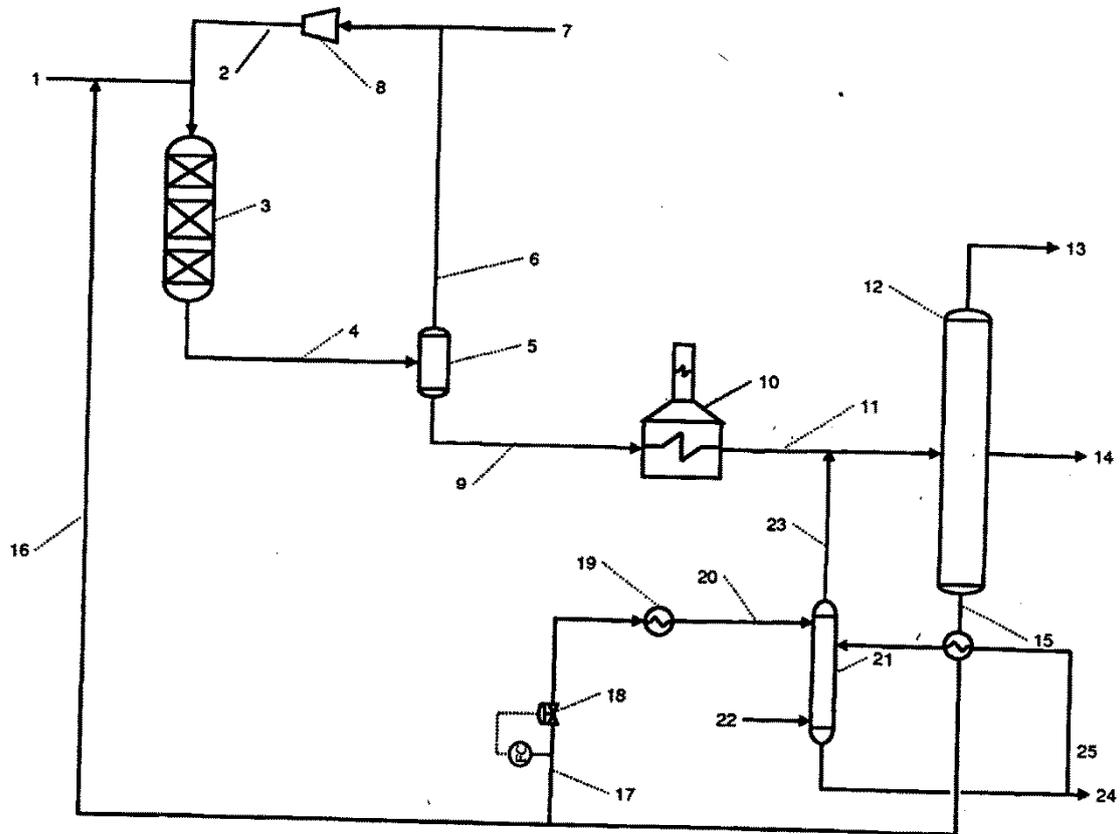


Fig.3