

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 730 888**

51 Int. Cl.:

F25J 3/02 (2006.01)

C10G 70/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.10.2010 PCT/FR2010/052290**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.05.2011 WO11051614**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.10.2010 E 10793276 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.02.2019 EP 2494295**

54 Título: **Procedimiento para fraccionar una corriente de gas craqueado para obtener un corte rico en etileno y una corriente de combustible e instalación asociada**

30 Prioridad:

27.10.2009 FR 0957537

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

13.11.2019

73 Titular/es:

**TECHNIP FRANCE (100.0%)
6-8, Allée de l'Arche, Faubourg de l'Arche, ZAC
Danton
92400 Courbevoie, FR**

72 Inventor/es:

**LAUGIER, JEAN-PAUL y
SIMON, YVON**

74 Agente/Representante:

SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 730 888 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 fraccionar una corriente de gas craqueado para obtener un corte rico en etileno y una corriente de combustible e instalación asociada

5

[0001] La presente invención se refiere a un procedimiento para fraccionar una corriente de gas craqueado de una instalación de pirólisis de hidrocarburos para obtener un corte rico en etileno y una corriente de combustible pobre en hidrocarburo C₂₊ según la reivindicación 1.

10 **[0002]** El gas craqueado proviene de una instalación de pirólisis de hidrocarburos, como un horno de craqueo a vapor. El gas introducido en la instalación de pirólisis tiene ventajosamente al menos un 70 % de etano, en combinación con propano, butano, nafta o gasóleo.

15 **[0003]** El procedimiento del tipo mencionado está destinado a tratar el gas craqueado para obtener una sección de etileno con un contenido de etileno superior al 99,95 % en moles, recuperando más del 99,5 % en moles del etileno contenido en el gas craqueado.

20 **[0004]** Los procedimientos del estado de la técnica que hacen posible obtener tales actuaciones se describen, por ejemplo, en los documentos EP 1 215 459 (= US2002/0198430) y US 4 629 484.

25 **[0005]** Este procedimiento está destinado a utilizarse para tratar volúmenes muy grandes de gas craqueado, por ejemplo, más de 50 toneladas, especialmente más de 100 toneladas por hora. Con el fin de garantizar tanto una pureza muy alta de la corriente de producto de etileno como una tasa de recuperación máxima de etileno, es necesario enfriar el gas tratado a temperaturas por debajo de -100 °C y en particular por debajo de -120 °C.

30 **[0006]** Para este propósito, la corriente de gas craqueado se coloca en una relación de intercambio de calor sucesivamente con el propileno que circula en un primer ciclo de refrigeración externo, y luego con el etileno que circula en un segundo ciclo de refrigeración externo.

35 **[0007]** El ciclo de refrigeración del etileno generalmente comprende tres niveles térmicos, con un primer intercambiador de calor a aproximadamente -50 °C, un segundo intercambiador de calor a aproximadamente -75 °C y un tercer intercambiador de calor a aproximadamente -100 °C. Después de cada intercambio de calor, el gas craqueado parcialmente condensado se introduce en un separador para evacuar el líquido formado.

40 **[0008]** Los líquidos recolectados, que generalmente son ricos en hidrocarburos C₂₊, se envían a una unidad de tratamiento que comprende al menos una columna de fraccionamiento. La columna de fraccionamiento produce la corriente que contiene etileno recuperado por el procedimiento criogénico.

45 **[0009]** Considerando el uso de dos ciclos de refrigeración y un ciclo basado en etileno de tres niveles, el consumo de energía del procedimiento puede mejorarse aún más.

[0010] Por lo tanto, un objeto de la invención es obtener, con una menor inversión (eliminando un nivel térmico entregado por un ciclo de refrigeración), un procedimiento de fraccionamiento que siempre permite la recuperación de una corriente rica en etileno, con una tasa de recuperación muy elevada, al tiempo que presenta un rendimiento energético mejorado.

[0011] A estos efectos, la invención tiene por objeto un procedimiento según la reivindicación 1.

50 **[0012]** El procedimiento según la invención puede comprender una o varias de las características de las reivindicaciones 2 a 14.

[0013] Asimismo, la invención tiene por objeto una instalación de fraccionamiento de una corriente de gas craqueado de una instalación de pirólisis de hidrocarburos para obtener un corte rico en etileno y una corriente de combustible pobre en hidrocarburo C₂₊ según la reivindicación 15.

55

[0014] La invención se comprenderá mejor con la lectura de la descripción que se ofrece a continuación, dada únicamente a modo de ejemplo y realizada en referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

60 - la figura única es un diagrama de bloques funcional de una primera instalación de fraccionamiento según la invención, para la implementación de un primer procedimiento según la invención.

[0015] En todo lo que sigue, la misma referencia designa una corriente que fluye en una tubería y la tubería que transporta esta corriente. Además, a menos que se indique lo contrario, los porcentajes son porcentajes molares y las presiones están en bares relativos.

65

- [0016]** En la figura se muestra una primera unidad 10 de craqueo a vapor según la invención.
- [0017]** Esta unidad 10 está diseñada para formar un corte 12 rico en etileno y una corriente 14 de gas combustible pobre en hidrocarburos C₂₊, a partir de una carga 16.
- 5 **[0018]** La unidad 10 incluye una instalación de pirólisis de hidrocarburos 18 que tiene un horno de craqueo a vapor para producir una corriente de gas craqueado en bruto. Además, comprende una instalación 22 para fraccionar el gas tratado bruto para formar la corriente de gas combustible 14 y la sección 12 rica en etileno.
- 10 **[0019]** La carga 16 está formada ventajosamente por al menos 70 % en moles de etano, en combinación con propano, butano, nafta o gasóleo.
- [0020]** El horno de craqueo a vapor 18 está adaptado para hacer circular la carga 16 para calentarla a una temperatura superior a 800 °C. Esto provoca el craqueo térmico de las moléculas de hidrocarburo contenidas en la
- 15 **[0021]** La instalación de fraccionamiento 22 comprende sucesivamente un conjunto 24 de enfriamiento y compresión, y un conjunto ascendente 26, un conjunto descendente 30 y un conjunto intermedio 28 para enfriar y separar el gas craqueado.
- 20 **[0022]** La instalación 22 comprende además un conjunto 32 para tratar los líquidos formados en los conjuntos 26 a 30, y un conjunto 34 para relajar y calentar el gas combustible.
- [0023]** El conjunto de compresión 24 comprende una etapa de enfriamiento y un compresor primario 36 y un
- 25 **[0024]** El conjunto ascendente 26 para enfriamiento y separación comprende un primer matraz separador ascendente 40, un intercambiador de calor ascendente 42, un ciclo de refrigeración de etileno 44 y un segundo matraz separador ascendente 46.
- 30 **[0025]** El ciclo de etileno 44 comprende intercambiadores de calor de dos ciclos 48A, 48B en los que circula etileno. La temperatura de entrada del etileno es inferior a -45 °C, ventajosamente entre -45 °C y -60 °C en el intercambiador 48A, y es inferior a -65 °C y se incluye entre -65 °C y -80 °C en el intercambiador 48B. Los intercambiadores de calor 48A y 48B pueden integrarse en el intercambiador de calor ascendente 42.
- 35 **[0026]** El conjunto intermedio de enfriamiento y separación 28 comprende, de arriba hacia abajo, un primer intercambiador de calor intermedio 50, un primer matraz separador intermedio 52, luego un segundo intercambiador de calor intermedio 54, y un segundo matraz separador intermedio 56.
- 40 **[0027]** La unidad de enfriamiento y separación descendente 30 comprende un intercambiador de calor descendente 58 y un matraz separador descendente 60 para producir la corriente de gas combustible.
- [0028]** La unidad de tratamiento de líquido 32 comprende una columna de fraccionamiento 62, un intercambiador de calor de calentamiento 64 y una bomba de parte inferior de la columna 66.
- 45 **[0029]** El conjunto de expansión y calentamiento 34 comprende un primer aparato de expansión dinámica 68, un segundo aparato de expansión dinámica 70, los aparatos 68, 70, teniendo cada uno al menos una turbina de expansión dinámica 68A, 70A.
- 50 **[0030]** El conjunto de expansión y calentamiento 34 comprende además un intercambiador de calor de calentamiento 72, un primer aparato de compresión 74 y un segundo aparato de compresión 75, los aparatos 74 y 75 tienen cada uno al menos un compresor 74A y 75A, que se acoplan a una turbina de expansión respectiva 68A, 70A del primer aparato de expansión dinámica 68 y el segundo aparato de expansión dinámica 70.
- 55 **[0031]** El intercambiador de calor de calefacción 72 enfría un refrigerante que circula en un ciclo 78 de refrigeración de propileno. El ciclo de propileno 78 comprende un intercambiador de calor de pie 80 colocado en posición descendente de la bomba de la parte inferior de la columna 66. El intercambiador 80 se puede integrar en el intercambiador 72.
- 60 **[0032]** Ahora se describirá un primer procedimiento según la invención, implementado en la unidad 10 para tratar la corriente de gas craqueado emitido por el craqueo a vapor de una carga 16.
- [0033]** Inicialmente, la carga 16 que contiene predominantemente etano se introduce en el horno de craqueo a vapor 18 para calentarse a una temperatura superior a 800 °C y sufrir un craqueo térmico.
- 65

ES 2 730 888 T3

- [0034]** Una corriente de gas craqueado bruto 20 se retira del horno 18 a una temperatura superior a 800 °C y a una presión superior a 1 bar.
- [0035]** Esta corriente 20 se enfría y luego se introduce en el compresor primario 36 para que se comprima a una presión superior a 10 bar, sustancialmente más baja que la presión en la columna de fraccionamiento 62 y, a continuación, en el compresor secundario 38 para que se comprima a una presión superior a 30 bares.
- [0036]** La corriente de gas craqueado 90 comprimido del compresor secundario 38 se separa después en una primera fracción de calentamiento 92 y una segunda fracción 94.
- [0037]** La fracción de calentamiento 92 se introduce en el intercambiador de calor 64 de la parte inferior de la columna para ser enfriada y parcialmente condensada. La segunda fracción 94 se pasa a través de una primera válvula de control de flujo 96, antes de mezclarse con la fracción de calentamiento 92 del intercambiador 64 para formar una corriente de gas craqueado parcialmente condensado 98.
- [0038]** En una variante del procedimiento, la corriente de gas craqueado 90 puede circular ventajosamente, parcial o totalmente, a través del intercambiador de calor de calentamiento 72 antes de la separación en las corrientes 92 y 96, para enfriarse en el intercambiador 72.
- [0039]** La relación molar de la primera fracción de calentamiento 92 con respecto a la segunda fracción 94 está entre el 5 % y el 20 %. La corriente de gas craqueado parcialmente condensado 98 contiene al menos 15 % de moles de líquido. Tiene una temperatura inferior a -30 °C.
- [0040]** A continuación, la corriente 98 se introduce en el primer matraz separador ascendente 40 para formar un primer líquido ascendente 100 y una corriente ascendente de gas craqueado 102.
- [0041]** El primer líquido ascendente 100 se toma de la parte inferior del primer matraz separador 40 y se introduce en un nivel inferior N1 de la columna de fraccionamiento 62 después del paso y la expansión en una segunda válvula de control de flujo 104.
- [0042]** La presión en la columna de fraccionamiento 62 está ventajosamente entre 10 bares y 14 bares.
- [0043]** La corriente ascendente 102 se separa a continuación en una primera corriente de gas 106 de gas craqueado y una segunda corriente gaseosa 108 de gas craqueado. La relación del caudal molar de la primera corriente 106 con respecto al caudal molar de la corriente ascendente 102 es superior al 8 %.
- [0044]** La primera corriente 106 se enfría a una temperatura inferior a -63 °C y, en particular, sustancialmente entre -63 °C y -78 °C en el intercambiador de calor ascendente 42.
- [0045]** La segunda corriente de gas 108 se introduce sucesivamente en el intercambiador de calor de primer ciclo 48A para enfriarse a una temperatura inferior a -43 °C mediante intercambio de calor con el etileno que circula en el ciclo 44. A continuación, se introduce en el segundo ciclo del intercambiador de calor 48B para ser enfriado a una temperatura inferior a -63 °C, y especialmente entre -63 °C y -78 °C.
- [0046]** Después del enfriamiento, las corrientes 106 y 108 se mezclan y forman una corriente ascendente parcialmente condensada de gas craqueado que se introduce en el segundo matraz separador 46 ascendente.
- [0047]** El contenido molar de líquido en la corriente ascendente del gas craqueado 110 parcialmente condensado está entre el 30 % y el 60 %. En el segundo matraz separador de ascendente 46, la corriente 110 se separa en un segundo líquido de ascendente 112 y en una primera corriente de gas intermedia 114 de gas craqueado enfriado a una primera temperatura por debajo de -63 °C.
- [0048]** El segundo líquido ascendente 112 se recupera en el fondo del segundo matraz separador ascendente 46. Forma la corriente 113 después del paso y la expansión en una tercera válvula de control de flujo 116 y se introduce a un nivel N2 de la columna de fraccionamiento 62 ubicada por encima del nivel N1.
- [0049]** La primera corriente intermedia 114 de gas craqueado se introduce en el primer intercambiador de calor intermedio 50 para enfriarse a una temperatura inferior a -85 °C y formar una corriente intermedia 118 parcialmente condensada de gas craqueado. La corriente 118 tiene una temperatura inferior a -85 °C y un contenido líquido de entre 8 % en moles y 30 % en moles.
- [0050]** La corriente 118 se introduce a continuación en el primer matraz separador intermedio 52 para formar un primer líquido intermedio 120 y una segunda corriente de gas intermedia 122 de gas craqueado.
- [0051]** El primer líquido intermedio 120 se recupera en el fondo del matraz 52. Forma la corriente 121 después

ES 2 730 888 T3

del paso y la expansión a través de una cuarta válvula 124 de control de flujo, antes de introducirse en un tercer nivel N3 de la columna de fraccionamiento 62 ubicada por encima del nivel N2.

- 5 **[0052]** En una variante del procedimiento, los flujos 113 y 121 se pueden combinar antes de alimentar la columna de fraccionamiento 62.
- [0053]** La segunda corriente de gas intermedia 122 se introduce después en el segundo intercambiador de calor intermedio 54 para ser enfriada a una segunda temperatura por debajo de -105 °C y entre -105 °C y -20 °C.
- 10 **[0054]** En la salida del segundo intercambiador de calor intermedio 54, la segunda corriente intermedia 126 parcialmente condensada se introduce en el segundo matraz separador intermedio 56 para separarse en un segundo líquido intermedio 128 y una corriente descendente de gas craqueado 130.
- 15 **[0055]** Una primera fracción 132 del segundo líquido intermedio 128 se introduce a un nivel N4 de la columna de fraccionamiento 62 ubicada por encima del nivel N3, después del paso y la expansión en un control de flujo de la quinta válvula 134. Una segunda fracción 136 de recirculación del segundo líquido intermedio 128 se subenfía en el intercambiador de calor descendente 58, como se verá más adelante.
- 20 **[0056]** La corriente descendente del gas craqueado 130 se introduce a continuación en el intercambiador de calor descendente 58 para ser enfriada y formar una corriente descendente 140 de gas craqueado parcialmente condensado. La temperatura de la corriente 140 en la salida del intercambiador de calor descendente 58 es inferior a -125 °C y, en particular, está entre -125 °C y -40 °C.
- 25 **[0057]** La corriente 140 se introduce a continuación en el matraz separador descendente 60 para separarse en un líquido descendente 142 y una corriente de gas combustible a alta presión 144 para expandirse. La corriente de gas de combustible 144 comprende más de 75 % en moles de hidrógeno y menos de 0,5 % en moles de hidrocarburos C₂⁺.
- 30 **[0058]** La corriente 144 se introduce por primera vez en el intercambiador de calor descendente 58 para calentar por intercambio de calor a contracorriente con la corriente descendente 130 de gas craqueado enfriado, luego en el segundo intercambiador de calor intermedio 54 para calentarse contra corriente, en particular de la segunda corriente intermedia 122 de gas craqueado, hasta una temperatura superior a - 110 °C.
- 35 **[0059]** A continuación, se introduce en el primer intercambiador de calor descendente 50 para ser calentado por intercambio de calor con la primera corriente intermedia de gas craqueado 114 a una temperatura superior a - 85 °C.
- 40 **[0060]** La corriente de gas combustible de alta presión 146 calentada a una temperatura superior a -85 °C se introduce después en una turbina de expansión dinámica 68A del primer aparato de expansión dinámica 68 para expandirse a una presión de menos de 12 bar y formar una corriente 148 de gas combustible de presión intermedia.
- 45 **[0061]** La temperatura de la corriente 148 es inferior a -115 °C. La corriente 148 se introduce nuevamente en el intercambiador de calor descendente 58, en el segundo intercambiador de calor intermedio 54, luego en el primer intercambiador de calor intermedio 50 para calentarse sucesivamente mediante intercambio de calor respectivamente con la corriente 130, la corriente 122 y la corriente 114, como se describió anteriormente. Este paso de la corriente 148 a través de los intercambiadores 50, 54, 58 se efectúa entre una turbina 68A del primer aparato 68 y una turbina 70A del segundo aparato 70.
- 50 **[0062]** La corriente 150 de gas combustible calentado a presión intermedia se introduce después en una turbina de expansión dinámica 70A del segundo aparato de expansión dinámica 70 para expandirse a una presión inferior a 4 bar y formar una corriente de gas combustible 152 a baja presión enfriada.
- [0063]** La temperatura de la corriente 152 es entonces inferior a -115 °C, y su presión es inferior a 4 bar.
- 55 **[0064]** La corriente 152 se introduce después sucesivamente en el intercambiador de calor descendente 58, en el segundo intercambiador de calor intermedio 54, luego en el primer intercambiador de calor 50 para calentarse contra la corriente respectivamente de la corriente 130, la corriente 122 y la corriente 114 como se describe anteriormente.
- 60 **[0065]** La corriente de gas a baja presión calentada 154 del primer intercambiador de calor intermedio 50 se introduce sucesivamente en el intercambiador de calor ascendente 42 para colocarla en relación de intercambio de calor con la primera corriente de gas 106 que sale de la primera corriente de gas de gas craqueado 102, luego en el intercambiador de calor de calefacción 72.
- 65 **[0066]** En el intercambiador de calor de calentamiento 72, la corriente 154 se calienta por intercambio de calor

con el fluido refrigerante 156 al propileno que circula en el ciclo de refrigeración 78.

[0067] La corriente 160 de gas combustible calentado a baja presión desde el intercambiador 72 tiene así una presión cercana a la presión atmosférica.

5

[0068] La corriente 160 se introduce a continuación sucesivamente en el compresor 75A del segundo aparato de compresión 75, luego en el compresor 74A del aparato de compresión descendente 74 para formar la corriente de combustible 14 destinada a alimentar la red de la instalación. La presión de la corriente 14 es superior a 5 bares.

10 **[0069]** El contenido de etileno en el gas combustible de alta presión 144, como en el gas combustible 14, es inferior al 0,5 % en moles. La tasa de recuperación de etileno en la instalación es superior al 99,5 %.

[0070] La corriente de combustible 14 comprende ventajosamente más del 99 % del metano contenido en la corriente de gas craqueado bruto 20.

15

[0071] El líquido descendente 142 comprende más del 25 % en moles de hidrocarburos C_2^+ . Se introduce en el intercambiador de calor descendente 58 para ser subenfriado a una temperatura inferior a $-120\text{ }^\circ\text{C}$.

20 **[0072]** Una vez que han pasado por el intercambiador 58, los líquidos 136 y 142 se mezclan e introducen sucesivamente en los intercambiadores de calor 58, 54, 50, 42 y 72 para calentarse y evaporarse mediante intercambio de calor con las corrientes respectivas que fluyen en estos intercambiadores.

25 **[0073]** Luego forman una corriente de gas de reciclaje calentado 162 que tiene una temperatura superior a $10\text{ }^\circ\text{C}$. La corriente gaseosa 162 se reintroduce en la corriente de gas craqueado bruto 20, en el compresor primario 36. En una variante del procedimiento, los líquidos 136 y 142 se introducen por separado en los intercambiadores de calor 58, 54, 50, 42, 72 para calentarse, antes de ser reintroducidos en la corriente de gas craqueado bruto 20.

[0074] La columna de fraccionamiento 62 produce una corriente superior rica en metano 164 y una corriente de pie rica en etileno 166.

30

[0075] La corriente superior 164 se introduce, después de calentarse en el intercambiador de calor ascendente 42, y después de calentarse en el intercambiador de calor de calentamiento 72, en la corriente de gas craqueado bruto 20, entre el compresor primario 36 y el compresor secundario 38.

35 **[0076]** La corriente de pie 166 de la columna de fraccionamiento 62 es bombeada por la bomba 66, antes de introducirse en el intercambiador de calor de recuperación 80 (que se puede integrar en el intercambiador 72). A continuación, se recalienta en contacto con el propileno que forma el fluido refrigerante del ciclo 78. Después de pasar a través del intercambiador 80, se forma el corte 12 rico en etileno. Esta copa 12 comprende más del 99,5 % en moles del etileno contenido en la corriente de gas craqueado bruto 20.

40

[0077] Según la invención, la corriente intermedia de gas craqueado 114 que se enfría a una temperatura inferior a $-63\text{ }^\circ\text{C}$ mediante la refrigeración proporcionada por el ciclo de etileno 44 se enfría luego a una temperatura inferior a $-90\text{ }^\circ\text{C}$ exclusivamente por intercambio de calor con la corriente de gas combustible 144 a alta presión, con la corriente de gas combustible parcialmente expandida 148 y con la corriente de gas combustible expandido 152, y por el calentamiento de los líquidos 142, 136 de los matracos 56, 60 en los intercambiadores de calor 50, 54 y 58.

45

[0078] Por lo tanto, no es necesario proporcionar un ciclo de refrigeración de etileno 44 que comprenda un nivel térmico a $-100\text{ }^\circ\text{C}$ (generalmente entre $-95\text{ }^\circ\text{C}$ y $-102\text{ }^\circ\text{C}$), entre el matraz ascendente 46 y el matraz descendente 60. Esto reduce el consumo de energía del procedimiento y la inversión requerida para su implementación.

50

[0079] Por lo tanto, el uso apropiado del potencial de expansión y la alta capacidad térmica del gas combustible a alta presión 144 formado en la salida del matraz 60 descendente, debido a su alto contenido de hidrógeno, reduce considerablemente el consumo de energía del procedimiento. Por lo tanto, es posible reducir la potencia de refrigeración específica en al menos 30 kWh por tonelada de etileno producido por hora en comparación con una unidad conocida del estado de la técnica, mientras se mantiene una tasa de recuperación de etano. Más del 99,5 % y produciendo un corte 12 rico en etileno.

55

[0080] Este resultado se obtiene al reducir la inversión requerida para la instalación, ya que ya no es necesario proporcionar un compresor específico y un intercambiador de calor específico para un nivel térmico de $-100\text{ }^\circ\text{C}$ en el ciclo de etileno.

60

[0081] En una variante, cada aparato de expansión dinámica 68 comprende diversas turbinas de expansión dinámica, por ejemplo de 2 a 3 turbinas de expansión dinámica. En otra variante, un compresor adicional se coloca en posición descendente de los compresores 76A, 76B para comprimir el gas combustible 14 a una presión más alta.

65

[0082] En otras variantes, la unidad de procesamiento comprende una pluralidad de columnas de fraccionamiento como se describe, por ejemplo, en el documento EP 1 215 459.

5 **[0083]** Se observará, como se muestra en la figura única, que toda la corriente de combustible a alta presión 144 se calienta sucesivamente en el intercambiador de calor descendente, y en los intercambiadores de calor intermedio 50, 54 antes de introducirse completamente en el primer aparato de relajación dinámica 68.

10 **[0084]** Del mismo modo, toda la corriente de combustible 148 parcialmente expandida que sale del primer aparato de expansión dinámica 68 se pasa sucesivamente a través del intercambiador 58 descendente y en los intercambiadores intermedio 50, 54, antes de introducirse completamente en el segundo aparato de expansión dinámica 70. La totalidad del flujo de combustible expandido 152 del segundo aparato de expansión dinámica 70 se introduce después en el intercambiador de calor descendente 58 y en los intercambiadores de calor intermedio 50, 54.

15 **[0085]** Por lo tanto, la recuperación de las frigorías es máxima para permitir el enfriamiento del gas.

[0086] Se observará además que los matraces 40, 46 y 52, 56 y 60 son matraces separadores simples, y no columnas de destilación. Así, estos matraces carecen de bandejas o de embalaje.

20 **[0087]** La columna de fraccionamiento 62 es una columna de tipo separador. De este modo, la corriente de cabeza 164 rica en metano de la columna 62 se devuelve totalmente al gas craqueado bruto 20, sin que una fracción de esta corriente 164 se condense a reflujo en la columna 62.

25 **[0088]** Además, la potencia térmica requerida para enfriar la corriente descendente del gas craqueado 130 a la tercera temperatura se suministra en el intercambiador de calor descendente 58 por intercambio de calor con la corriente de combustible a alta presión 144, por intercambio de calor con el flujo de combustible parcialmente expandido, y por intercambio de calor con la corriente de combustible expandido 152, sin intercambio de calor con un refrigerante externo que circula en un ciclo de refrigeración, y en particular sin intercambio de calor con el refrigerante que circula en el ciclo de refrigeración 44.

30 **[0089]** Como se vio anteriormente, por lo tanto, no es necesario proporcionar al ciclo 44 una etapa de refrigeración a una temperatura del orden de -100 °C, y especialmente entre -85 °C y -102 °C.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para fraccionar una corriente (20) de gas craqueado procedente de una instalación de pirólisis de hidrocarburos (18) para obtener un corte rico en etileno (12) y una corriente de combustible baja en 5 hidrocarburos en C_2^+ , comprendiendo el procedimiento los siguientes pasos:
- enfriamiento ascendente y condensación parcial de una corriente de gas craqueado bruto (20) mediante al menos un intercambio de calor parcial con un fluido refrigerante que circula en un primer ciclo (44) de refrigeración externa y separación de un líquido ascendente (112) en al menos un matraz ascendente (46) para formar una corriente 10 intermedia (114) de gas craqueado preenfriado a una primera temperatura;
 - enfriamiento intermedio y condensación parcial de la corriente intermedia de gas craqueado (114) en al menos un intercambiador de calor intermedio (50, 54) y separación de un líquido intermedio (120, 128) en al menos un matraz de separación intermedio (52, 56) para formar una corriente descendente (130) de gas craqueado enfriado a una 15 segunda temperatura inferior de la primera temperatura;
 - enfriamiento descendente y condensación parcial de la corriente descendente de gas craqueado (130) en al menos un intercambiador de calor descendente (58) hasta una tercera temperatura inferior de la segunda temperatura;
- 20 - introducción de la corriente descendente (140) de gas craqueado parcialmente condensado desde el intercambiador de calor descendente (58) en un separador descendente (60);
- recuperación, en la cabecera del separador descendente (60), de una corriente de gas combustible de alta presión (144), baja en hidrocarburos C_2^+ , y recuperación, en la parte inferior del separador descendente, de un líquido 25 descendente (142), rico en hidrocarburos C_2^+ ;
 - paso de la corriente de combustible de alta presión (144) a través del intercambiador de calor descendente (58) y el intercambiador intermedio (50, 54) para formar una corriente de combustible de alta presión calentada (146);
- 30 - liberación de la corriente de combustible a alta presión (146) calentada en al menos un primer aparato de expansión dinámica (68) para obtener una corriente de combustible parcialmente expandida (148);
- calentamiento de la corriente de combustible parcialmente expandida (148) a través del intercambiador de calor descendente (58) y el intercambiador de calor intermedio (50, 54); 35
 - tratamiento de al menos un líquido (112, 120, 128) obtenido durante las etapas de enfriamiento ascendente, enfriamiento intermedio y enfriamiento descendente para formar el corte rico en etileno (12);
- el procedimiento comprende los siguientes pasos:
- 40 - paso de la corriente de combustible parcialmente expandida (148) desde el intercambiador intermedio (50, 54) a un segundo aparato de expansión dinámica (70) para formar una corriente (152) de combustible expandido;
- calentamiento de la corriente (152) de combustible expandido procedente del segundo aparato de expansión 45 dinámica (70) en el intercambiador de calor descendente (58) y en el intercambiador de calor intermedio (50, 54);
 - compresión de la corriente (160) de combustible expandido calentado en al menos un compresor (76A, 76B) acoplado a al menos una turbina de expansión (68A, 70A) del primer aparato de expansión dinámica y/o del segundo aparato de expansión dinámica para formar la corriente de combustible (14) baja en hidrocarburos C_2^+ , y 50
- la potencia térmica requerida para enfriar la corriente intermedia de gas craqueado (114) hacia la segunda temperatura se suministra en el intercambiador de calor intermediario (50, 54) por intercambio de calor con la corriente de combustible a alta presión (144), por intercambio de calor con la corriente de combustible parcialmente expandido (148), y por intercambio de calor con la corriente de combustible expandido (152), sin intercambio de calor con un 55 refrigerante externo que circula en un ciclo de refrigeración.
2. Un procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la potencia térmica requerida para enfriar la corriente descendente del gas craqueado (130) hasta la tercera temperatura se suministra en el intercambiador de calor descendente (58) por intercambio de calor con la corriente de combustible a alta presión (144), 60 por intercambio de calor con la corriente de combustible parcialmente expandida (148) y por intercambio de calor con la corriente de combustible expandido (152), sin intercambio de calor con un fluido refrigerante externo que circula en un ciclo de refrigeración.
3. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** comprende 65 la recuperación del líquido descendente (142) y su calentamiento a través del intercambiador de calor descendente

(58) y el intercambiador de calor intermedio (50, 54).

el líquido descendente es subenfriado en el intercambiador de calor descendente (58) antes de calentarlo en el intercambiador de calor descendente (58) y luego en el intercambiador de calor intermedio (50, 54).

5 4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** toda la corriente de combustible de alta presión calentada (146) procedente del intercambiador intermedio (50, 54) se introduce en el primer aparato de expansión dinámica (68), toda la corriente de combustible parcialmente calentada (150) procedente del intercambiador intermedio (50, 54) se introduce en el segundo aparato de expansión dinámica
10 (70).

5. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** al menos una fracción (136) de un líquido intermedio (128) recuperado en la etapa de enfriamiento intermedio se calienta en el intercambiador de calor descendente (58) y en el intercambiador de calor intermedio (50, 54).

15 6. Procedimiento según la reivindicación 5, **caracterizado porque** la fracción (136) del líquido intermedio (128) recuperada en la etapa de enfriamiento intermedia se subenfriaba en el intercambiador de calor descendente (58) antes de reintroducirla en el intercambiador de calor descendente (58) y luego en el intercambiador de calor intermedio (50, 54).

20 7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 6, **caracterizado porque** al menos una de entre al menos una fracción (136) del líquido intermedio (128) y el líquido descendente (142) se evaporan durante su paso a través del intercambiador de calor descendente (58) y el intercambiador de calor intermedio (50, 54) para formar una corriente de gas de recirculación (162), mezclándose la corriente de recirculación (162) con la corriente de gas
25 craqueado bruto (20), antes de que la corriente de gas craqueado bruto (20) pase a al menos un compresor (38).

8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la etapa de tratamiento comprende la introducción de al menos una corriente (112, 120, 132) formada a partir del líquido ascendente (112), el líquido intermedio (120, 128) y/o del líquido descendente (142) en una columna de fraccionamiento (62) y la producción en la columna de fraccionamiento (62) de una corriente rica en etileno (166) para
30 formar el corte rico en etileno (12).

9. Procedimiento según la reivindicación 8, **caracterizado porque** en la etapa de tratamiento, el líquido ascendente (112) y el líquido intermedio (120) se introducen en la columna de fraccionamiento (62).

35 10. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la corriente de cabeza (164) procedente de la columna de fraccionamiento (62) se transporta en su totalidad al intercambiador de calor ascendente (42) y ventajosamente a un intercambiador de ascendente de calentamiento (72), antes de mezclarse con el gas craqueado bruto (20), sin que se condense una fracción de esta corriente (164) para
40 ser enviada en reflujo a la columna de fraccionamiento (62).

11. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el primer aparato de expansión dinámica (68) y el segundo aparato de expansión dinámica (70) comprenden cada uno al menos una turbina de expansión dinámica (68A, 70A), comprenden ventajosamente cada uno entre dos y tres turbinas de
45 expansión dinámica.

12. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el contenido molar de hidrógeno en la corriente de combustible a alta presión (144) es superior al 75 %.

50 13. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la primera temperatura es inferior a está- 63 °C, **porque** la segunda temperatura es inferior a - 85 °C y **porque** la tercera temperatura es inferior a - 120 °C.

14. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el primer ciclo de refrigeración no tiene un nivel térmico entre -95 °C y -102 °C entre el matraz de ascendente (46) y el matraz de descendente (60).

15. Instalación (22) para fraccionar una corriente (20) de gas craqueado de una instalación (18) de pirólisis de hidrocarburos (18) para obtener un corte rico en etileno (12) y una corriente de combustible baja en hidrocarburos
60 (14) en C₂⁺, y la instalación comprende:

- medios ascendentes de enfriamiento y de condensación parcial de una corriente de gas craqueado bruto (20) que comportan medios (48A, 48B) de intercambio térmico al menos parcial con un primer ciclo (44) de refrigeración externa y medios de separación de un líquido ascendente (112) que comporta al menos un matraz ascendente (46) para formar
65 una corriente intermedia (114) de gas craqueado preenfriado a una primera temperatura;

- 5 - medios intermedios de enfriamiento y de condensación parcial de la corriente intermedia de gas craqueado (114) que comporta al menos un intercambiador de calor intermedio (50, 54) y medios de separación de un líquido intermedio (120, 128) que comporta al menos un matraz de separación intermedio (52, 56) para formar una corriente descendente (130) de gas craqueado enfriado a una segunda temperatura inferior de la primera temperatura;
- 10 - medios de enfriamiento descendentes y de condensación parcial de la corriente descendente de gas craqueado (130) que comportan al menos un intercambiador de calor descendente (58) para enfriar la corriente descendente de gas craqueado (130) hasta una tercera temperatura inferior a la segunda temperatura;
- 15 - un separador descendente (60) y los medios para introducir la corriente descendente (140) del gas craqueado procedente del intercambiador de calor descendente (58) en el separador descendente (60);
- 20 - medios de recuperación, en la cabecera del separador descendente (60), de una corriente de gas combustible de alta presión (144) baja en hidrocarburos C₂⁺, y medios de recuperación, en la parte inferior del separador descendente, de un líquido descendente (142) rico en hidrocarburos C₂⁺;
- 25 - medios de paso de la corriente de combustible de alta presión (144) a través del intercambiador descendente (58) y el intercambiador intermedio (50, 54) para formar una corriente de combustible de alta presión calentada (146);
- 30 - medios de expansión de la corriente de combustible a alta presión (146) calentada en al menos un primer aparato de expansión dinámica (68) para formar una corriente de combustible parcialmente expandida (148);
- 35 - medios de calentamiento de la corriente de combustible parcialmente expandida (148) a través del intercambiador descendente (58) y el intercambiador intermedio (50, 54);
- 40 - medios de tratamiento de al menos un líquido (112, 120, 128) obtenido a partir de medios de enfriamiento ascendente, medios de enfriamiento intermedio y medios de enfriamiento descendente para formar el corte rico en etileno (12);
- 45 la instalación (22) comprende:
 - un segundo aparato de expansión dinámica (70) y medios de paso de la corriente de combustible parcialmente expandida (148) procedente del intercambiador intermedio (50, 54) al segundo aparato de expansión dinámica (70) para formar una corriente de combustible expandido (152);
 - medios de calentamiento de la corriente de combustible (152) procedente del segundo aparato de expansión dinámica (70) en el intercambiador de calor descendente (58) y en el intercambiador de calor intermedio (50, 54);
 - medios para comprimir la corriente de combustible expandido (160) calentado que comprende al menos un compresor (76A, 76B) acoplado a al menos una turbina de expansión (68A, 70A) del primer aparato de expansión dinámica y/o del segundo aparato de expansión dinámica para formar la corriente de combustible (14) baja en hidrocarburos C₂⁺, y porque la potencia térmica requerida para enfriar la corriente intermedia de gas craqueado (114) hasta la segunda temperatura se suministra en el intercambiador de calor intermedio (50, 54) por intercambio de calor con la corriente de combustible a alta presión (144), por intercambio de calor con la corriente de combustible parcialmente expandida (148) y por intercambio de calor con la corriente de combustible expandido (152) sin intercambio de calor con un fluido refrigerante externo que fluye en un ciclo de refrigeración.

