

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 532 670**

51 Int. Cl.:

C10G 70/04 (2006.01)

F25J 3/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.03.2011 E 11717301 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.12.2014 EP 2553055**

54 Título: **Procedimiento de tratamiento de una corriente de gas craqueado procedente de una instalación de pirolisis de hidrocarburos e instalación asociada**

30 Prioridad:

29.03.2010 FR 1052271

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

30.03.2015

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:

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

74 Agente/Representante:

MORGADES MANONELLES, Juan Antonio

ES 2 532 670 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

5 Procedimiento de tratamiento de una corriente de gas craqueado procedente de una instalación de pirolisis de hidrocarburos e instalación asociada.

La presente invención se refiere a un procedimiento para el tratamiento de una corriente de gas craqueado procedente de una instalación de pirolisis de hidrocarburos, según el preámbulo de la reivindicación 1.

10 El gas craqueado es obtenido a partir de una instalación de pirolisis de hidrocarburos, tal como un horno de craqueado a vapor. El gas introducido en la instalación de pirolisis contiene ventajosamente etano, propano, butano, nafta y/o gasoil solo o en mezcla.

15 El procedimiento del tipo antes citado está destinado a tratar el gas craqueado para poder extraer más de 99,5% en moles del etileno contenido en el gas craqueado, y para obtener una capa rica de etileno que presenta un contenido superior a 99,95% en moles de etileno.

Un procedimiento del tipo antes citado que permite obtener estos rendimientos se describe, por ejemplo, en US-5 253 479.

20 Este procedimiento se pone en práctica para tratar volúmenes muy grandes de gas craqueado, por ejemplo, superiores a 50 toneladas por hora, en especial, superiores a 100 toneladas por hora.

Para garantizar simultáneamente una pureza muy grande de la corriente de etileno producido y una relación de recuperación de etileno máxima, es necesario enfriar el gas craqueado por etapas hasta temperaturas inferiores a -100°C, y en especial, inferiores a -120°C.

25 A estos efectos, el gas craqueado es enfriado sucesivamente en zonas de intercambio térmico cada vez más frías. El gas craqueado es condensado parcialmente en cada zona de intercambio térmico.

30 A la salida de cada zona de intercambio térmico, se recupera el líquido condensado que contiene los hidrocarburos en C_2^+ .

Los líquidos condensados a temperatura más elevada son enviados a una columna situada más arriba de desmetanización para recuperar en el pie de la columna una primera fracción rica en hidrocarburos en C_2^+ .

35 Los líquidos intermedios y los de la parte inferior obtenidos a temperatura más baja son enviados a una columna intermedia de desmetanización que produce en el pie de la columna una segunda fracción rica en hidrocarburos en C_2^+ .

40 La corriente de la parte superior que sale de la columna de más arriba es introducida en la columna intermedia.

En el documento US-5 253 479, para mejorar adicionalmente la recuperación de etileno, la corriente que sale de la columna intermedia de desmetanización es introducida, después de enfriamiento, en una tercera columna de separación. El producto del pie de la columna de la tercera columna es reintroducido entonces parcialmente, después de bombeo en una primera bomba criogénica, en reflujo en la columna intermedia. El producto de la parte superior de la tercera columna es introducido, después de enfriamiento y bombeo por una segunda bomba criogénica, en un absorbedor de etileno que constituye la cuarta columna de destilación.

45 Por lo tanto, el procedimiento descrito en US-5 253 479 es especialmente eficaz para obtener una excelente recuperación del etileno.

50 Teniendo en cuenta la presencia de cuatro columnas de destilación, y de dos bombas criogénicas, la estructura de la instalación y el consumo energético del procedimiento pueden ser todavía mejorados.

55 El documento US-4 629 484 describe otro procedimiento del tipo antes citado.

Un objetivo de la invención consiste por lo tanto en obtener, con una inversión mínima, y con simplificación de las instalaciones, un procedimiento de tratamiento de un gas craqueado que permite extraer la casi totalidad del etileno contenido en el mismo, presentando rendimientos energéticos y operativos mejorados.

60 A estos efectos, la invención tiene por objetivo un procedimiento según la reivindicación 1.

El procedimiento según la invención puede comprender una o varias de las características de las reivindicaciones 2 a 13, considerada(s) separadamente o según cualquier combinación(es) técnicamente posible(s).

65 La invención tiene además por objetivo una instalación según la reivindicación 14.

La instalación según la invención puede comprender una o varias de las características de las reivindicaciones 15 a 17, considerada(s) separadamente o según combinación(es) técnicamente posible(s).

5 La invención se comprenderá mejor de la lectura de la descripción siguiente, facilitada únicamente a título de ejemplo, haciendo referencia al dibujo adjunto, en el que:

- la figura única es un esquema sinóptico funcional de una primera instalación de tratamiento según la invención, destinada a la puesta en práctica de un primer procedimiento según la invención.

10 En todo lo que sigue, una misma referencia indica una corriente que circula por un conducto y el conducto que transporta esta corriente. Por otra parte, excepto si se indica lo contrario, los porcentajes son porcentajes molares y las presiones se comprenden en bares relativos.

15 Una primera unidad 10 de craqueado en vapor según la invención está representada en la figura única.

Esta unidad 10 produce, a partir de una carga 12, corrientes 14A, 14B ricas en C_2^+ destinadas a formar una fracción rica en etileno, un gas combustible 16 y una corriente 18 rica en hidrógeno.

20 La unidad 10 comprende una instalación 20 de pirolisis de hidrocarburos que produce un gas craqueado en bruto 22 y una instalación 24 de tratamiento del gas craqueado en bruto 22.

25 La instalación de pirolisis 20 presenta varios hornos de craqueado en vapor 25. Los hornos de craqueado en vapor 25 son apropiados para hacer circular la carga 12 para su calentamiento a una temperatura superior a $800^\circ C$. Esto provoca el craqueado térmico de las moléculas de hidrocarburos contenidas en la carga 12 con la finalidad de formar el gas craqueado en bruto 22.

30 La instalación de fraccionamiento 24 presenta sucesivamente un conjunto de compresión 26 un conjunto 28 de refrigeración y de separación sucesiva del gas craqueado.

La instalación 24 comprende además un conjunto de destilación de la parte superior 30, un conjunto intermedio de destilación 32 y un conjunto adicional 34 de absorción de etileno. La instalación 24 comprende igualmente un conjunto de la parte inferior 36 de expansión y recalentamiento del gas combustible.

35 El conjunto de enfriamiento y de compresión 26 comprende un aparato de refrigeración (no representado), un compresor primario 38 y un compresor secundario 40, estando situado el compresor secundario 40 más abajo del compresor primario 38.

40 El conjunto de enfriamiento y de separación 28 comprende un recipiente separador 42 en la parte superior, un primer recipiente separador intermedio 44A, un segundo recipiente separador intermedio 44B. Comprende además un intercambiador térmico integrado que presenta una caja fría 46. La caja fría 46 comprende una zona de arriba 48 de intercambio térmico, una zona intermedia 50 de intercambio térmico, una zona de abajo 52 de intercambio térmico, y una zona adicional 54 de intercambio térmico, cada vez más frías.

45 El conjunto de enfriamiento 28 comprende, además, un ciclo de refrigeración con propano o con propileno, que presenta un intercambiador de arriba 56 de ciclo y un ciclo de refrigeración de etileno que comprende un primer conjunto de intercambiadores intermedios 58 de ciclo y un segundo conjunto de intercambiadores intermedios de ciclo 60. Opcionalmente, el conjunto de enfriamiento 28 presenta además un intercambiador de calor de arriba 60A de refrigeración adicional alimentada por un fluido refrigerante formado por una corriente intermedia de un separador de hidrocarburos en C_2 por una corriente de etano destinado a ser vaporizado.

50 El conjunto de destilación de arriba 30 presenta una columna de arriba de destilación 62, un re-hervidor de arriba 64 de fondo de columna y una bomba de arriba 66 de fondo de columna.

55 La columna 62 funciona a una presión comprendida entre 10 bares y 14 bares. Presenta, por ejemplo, entre 14 y 20 platos teóricos.

60 El conjunto intermedio de destilación 32 comprende una columna intermedia 68 de desmetanización, un intercambiador integrado 69, un intercambiador intermedio 70 de re-ebullición y una bomba intermedia 72 de fondo de columna.

65 El conjunto intermedio 32 presenta, además, un primer intercambiador térmico de reflujo 74 y un primer recipiente separador de reflujo 76 conectados a la columna 68 por un conducto 78 de descenso de líquido, conformado para impedir el paso de gases desde la columna 62 hacia el recipiente 76. Este conjunto 32 evita la instalación de bombas criogénicas de reflujo.

ES 2 532 670 T3

La columna 68 funciona a una presión comprendida entre 10 bares y 14 bares. Presenta, por ejemplo, entre 22 y 28 platos teóricos.

5 El intercambiador integrado 69 está situado en la columna 68 entre una parte superior y una parte inferior de la columna 68.

10 El conjunto 34 de destilación de más abajo comprende una columna 80 de absorción de etileno, un segundo intercambiador térmico de reflujo 82 y un segundo recipiente separador 84 de reflujo conectado a la columna de absorción de etileno 80 por un conducto 86 de descenso de líquido, conformada para impedir el paso de gas desde la columna 80 hacia el recipiente 84. Este conjunto 34 evita la instalación de bombas criogénicas de reflujo.

15 Tal como se apreciará más adelante, la bomba criogénica de reflujo presentada en US 5.253.479 puede ser suprimida de la columna 68, lo que conduce a la producción de un líquido necesario para la absorción de etileno en el conjunto 34 por medio del intercambiador 82.

La columna 80 funciona a una presión comprendida entre 30 bares y 40 bares. Presenta, por ejemplo, entre 4 y 8 platos teóricos.

20 El conjunto de más abajo 36 comprende una primera turbina de expansión dinámica 88 acoplada a un primer compresor 90, una segunda turbina de expansión dinámica 92 acoplada a un segundo compresor 94 y una unidad 96 para la purificación de hidrógeno.

Un primer procedimiento según la invención, puesto en práctica en la unidad 10 se describirá a continuación.

25 Inicialmente, la carga 12 presenta etano, propano, butano, nafta y/o gasoil solo o en mezcla. Se introduce en los hornos de craqueado en vapor 25 para su calentamiento a una temperatura superior a 800°C y sufrir craqueado térmico.

30 Un gas craqueado en bruto es extraído de los hornos a una temperatura superior a 800°C, y a continuación, es enfriado rápidamente para engendrar el flujo 22 a una temperatura superior a 160°C y una presión superior a 1 bar.

35 El gas 22 es enfriado a continuación y es introducido en el compresor primario 38 para su compresión a una presión superior a 10 bares, y después en el compresor secundario 40 para su compresión a una presión superior a 30 bares. La corriente de gas craqueado en bruto comprimido 100 es separada a continuación en una primera fracción 102 de gas craqueado en bruto y una segunda fracción 104 de gas craqueado en bruto.

40 La primera fracción de gas craqueado en bruto 102 es enviada a la caja fría 46 para su refrigeración hasta una temperatura inferior a -25°C y, en especial, comprendida entre -30 y -40°C para su condensación parcial en la parte superior 48 de intercambio térmico.

45 La segunda fracción de gas craqueado en bruto 104 es enfriada sucesivamente en el intercambiador de arriba de re-ebullición 64, en el intercambiador opcional 60A de enfriamiento, en el intercambiador de arriba de ciclo de propano o propileno 56, antes de ser enfriada de nuevo en el intercambiador intermedio de re-ebullición 70 para conseguir una temperatura inferior a -25°C, y en especial, comprendida entre -30°C y -40°C. Además, la fracción 104 es condensada parcialmente.

50 La temperatura de la corriente 104 más arriba del intercambiador 64 está comprendida entre -2°C y -12°C y la temperatura de la corriente 104 más debajo de la re-ebullición en el intercambiador 70 está comprendida entre -30°C y -40°C.

La relación del caudal molar de la primera fracción 102 con respecto al caudal molar de la segunda fracción 104 está comprendida, por ejemplo, entre 0,25 y 0,40.

55 La primera fracción 102 y la segunda fracción 104 que forman una corriente de gas craqueado parcialmente condensado son introducidas, a continuación, en el recipiente separador de arriba 42 para su separación en un líquido de arriba 106 y una corriente gaseosa de abajo 108 de gas craqueado.

60 El líquido de arriba 106 contiene entre 45% y 55% en moles de los hidrocarburos en C₂ presentes en el gas craqueado en bruto 22 y entre 85% y 95% en moles de los hidrocarburos en C₃⁺ contenidos en el gas craqueado en bruto 22.

El líquido de arriba 106 es expansionado en una primera válvula de expansión estática 110 para ser introducido a un nivel superior de la columna de arriba de desmetanización 62.

65 La columna de arriba 62 produce, en el pie de la columna, una primera corriente de líquido 112 rica en hidrocarburos en C₂⁺, que es transportada hasta la bomba de arriba 66 para producir una primera corriente 14A rica en

ES 2 532 670 T3

hidrocarburos en C_2^+ que es bombeada. La primera corriente 14A está destinada a ser transportada hacia una columna de desetanización para extraer la fracción rica en etileno que será purificada a continuación para conseguir un contenido en etileno superior a 99,95%.

- 5 El contenido molar de hidrocarburos en C_2 en la primera corriente 112 superior a 50%. El contenido molar en metano en la primera corriente 112 es inferior a 0,01%.

10 La columna de arriba 62 produce además una corriente superior gaseosa 114 rica en metano. La corriente superior gaseosa 114 es introducida en la columna intermedia 68 a un nivel inferior N_1 de esta columna, después del paso en la válvula 116.

15 Una primera parte 118 de la corriente de arriba de gas craqueado 108 es introducida a continuación en la zona intermedia 50 de intercambio térmico para su refrigeración hasta una temperatura inferior a -60°C , en especial, comprendida entre -65°C y -76°C y para ser parcialmente condensada.

Una segunda parte 120 de la corriente de arriba de gas craqueado 108 es introducida sucesivamente en el primer conjunto de intercambiadores intermedios 58 del ciclo de etileno para su refrigeración hasta una temperatura inferior a -60°C y comprendida, por ejemplo, entre -65°C y -76°C , y para su condensación parcial.

20 La relación de caudal de la primera parte 118 con respecto al caudal de la segunda parte 120 está comprendida, por ejemplo, entre 0,15 y 0,25.

25 La primera parte 118 y la segunda parte 120 son mezcladas a continuación para formar una corriente de arriba de gas craqueado parcialmente condensado 122 que es introducido en el primer recipiente separador intermedio 44A. La fracción molar de líquido en la corriente de arriba de gas craqueado parcialmente condensado 122 es superior a 25%.

30 La corriente 122 es separada a continuación en el primer recipiente intermedio 44A en un primer líquido intermedio 124 y una primera corriente intermedia de gas craqueado 126.

El primer líquido intermedio 124 es expansionado en una tercera válvula de expansión estática 128 hasta una presión inferior a 14 bares antes de ser introducido a un nivel N_2 de la columna intermedia situado por encima del nivel N_1 .

35 El primer líquido intermedio 124 presenta entre 60% y 75% de los hidrocarburos en C_2 contenidos en el gas craqueado en bruto 22 y entre 10% en moles y 15% en moles de los hidrocarburos en C_3^+ contenidos en el gas craqueado en bruto 22.

40 Una primera parte 130 de la primera corriente intermedia de gas craqueado 126 es introducida a continuación en la zona intermedia 50 de intercambio térmico para su refrigeración a una temperatura inferior a -90°C y en especial comprendida entre -92°C y -99°C y para su condensación parcial.

45 Una segunda parte 132 de la corriente intermedia 126 es introducida en el segundo conjunto de intercambiador intermedio 60 del ciclo de refrigeración de etileno para su refrigeración a una temperatura inferior a -90°C y comprendida en especial entre -92°C y -99°C y para su condensación parcial.

Las primeras partes 130 y 132 son mezcladas a continuación para formar una primera corriente intermedia 134 de gas craqueado parcialmente condensado. El contenido molar en líquido de la corriente 134 es superior a 15%.

50 La corriente 134 es introducida a continuación en el segundo recipiente separador intermedio 44B para su separación en un segundo líquido intermedio 136 y en una segunda corriente intermedia 138 de gas craqueado.

55 El segundo líquido intermedio 136 contiene entre 55% molar y 65% molar de los hidrocarburos en C_2 contenidos en la corriente de gas craqueado en bruto 22 y entre 0,5% molar y 1,5% molar de los hidrocarburos en C_3^+ contenidos en el gas craqueado en bruto 22.

60 Una primera parte 140 del segundo líquido intermedio 136 es expansionada a continuación en una cuarta válvula de expansión estática 142 hasta una presión inferior a 14 bares para su introducción a un nivel N_3 de la columna intermedia 68 situado por encima del nivel N_2 .

- El nivel N_3 está situado por debajo del intercambiador integrado 69.

65 La columna intermedia de desmetanización 68 produce, en el pie de la columna, una segunda corriente de fondo 144 rica en hidrocarburos en C_2^+ . La corriente 144 es bombeada a través de la bomba intermedia 72 hasta una presión superior a 20 bares para formar una segunda corriente 14B rica en C_2^+ destinada a ser enviada hacia la columna de desetanización.

ES 2 532 670 T3

El contenido molar en hidrocarburos en C_2^+ en la corriente 144 y en la corriente 14B es superior a 90%. El contenido molar en metano en las corrientes 144, 14B es inferior a 0,01% molar.

5 La columna intermedia 68 produce, en la parte superior, una corriente intermedia de la parte superior 146 que es enfriada y parcialmente condensada hasta una temperatura inferior a $-115^{\circ}C$, por ejemplo, comprendida entre $-118^{\circ}C$ y $-123^{\circ}C$, en el primer intercambiador térmico de reflujo 74.

10 La corriente intermedia superior parcialmente condensada es introducida a continuación en el primer recipiente de reflujo 76 para su separación en una primera corriente de reflujo líquido 148 y una primera corriente de gas combustible a alta presión 150.

15 La primera corriente de reflujo 148 es introducida a un nivel de la parte superior N_4 de la columna 78 a través del conducto 78. El nivel N_4 está situado por encima del intercambiador integrado 69. Este sistema de reflujo con paso por gravedad evita la instalación de una bomba criogénica.

20 La primera corriente de gas combustible 150 contiene más de 90% en moles de metano y menos de 0,1% en moles de hidrocarburos en C_2 . La corriente 150 es expansionada a continuación de manera ventajosa en la primera turbina de expansión dinámica 88 hasta una presión, por ejemplo, inferior a 4,5 bares, para formar una corriente 152 de combustible a baja presión, enfriada a una temperatura inferior a $-135^{\circ}C$.

25 La corriente 152 es introducida entonces en la caja fría 46 para su recalentamiento sucesivamente en la zona adicional 54, en la zona de abajo 52, en la zona intermedia 50 y en la zona de arriba 48 de intercambio térmico, por intercambio térmico con las corrientes que circulan respectivamente en estas zonas.

La primera corriente de combustible recalentado 154 que sale de la primera zona de intercambio térmico 48 es llevada a continuación al primer compresor 90 acoplado a la turbina 88 para su compresión hasta una presión superior a 5,0 bares y formar una parte de la corriente de gas combustible 16.

30 En una variante, el conjunto formado por la turbina de expansión 88 y el compresor 90 es sustituido por una válvula de expansión estática global.

35 La segunda corriente intermedia 138 de gas craqueado salido del segundo recipiente intermedio 44B es enfriada a continuación y condensada parcialmente en la zona de abajo de intercambio térmico 52 de la caja fría 46 para formar una corriente intermedia 160 de gas craqueado parcialmente condensada.

La corriente 160 es introducida a continuación a un nivel inferior de la columna de absorción de etileno 80 a una temperatura inferior a $-110^{\circ}C$, y especial comprendida entre $-115^{\circ}C$ y $-120^{\circ}C$.

40 La columna de absorción de etileno 80 funciona a una presión comprendida, por ejemplo, entre 30 bares y 36 bares.

45 La corriente adicional de pie 162 producida en el pie de la columna 80 es expansionada a continuación hasta una presión inferior a 15 bares mediante una quinta válvula de expansión estática 164 antes de ser introducida a un nivel N_5 de la columna intermedia 68 de desmetanización, situado entre el nivel N_3 y el nivel N_4 .

Esta corriente 162 contiene entre 3,0% y 5,0% en moles de los hidrocarburos C_2 presentes en el gas craqueado 22 y entre 0,01% y 0,04% en moles de los hidrocarburos en C_3^+ presentes en el gas craqueado en bruto 22.

50 La corriente de la parte superior 166 adicional producida en la columna 80 es introducida en el segundo intercambiador térmico de reflujo 82 para su enfriamiento a una temperatura inferior a $-115^{\circ}C$, y en especial, comprendida entre $-118^{\circ}C$ y $-130^{\circ}C$ y ser parcialmente condensada.

55 La corriente de la parte superior adicional 166 parcialmente condensada es introducida a continuación en el segundo recipiente separador de reflujo 84 para formar una segunda corriente de reflujo líquida 168 y una corriente gaseosa 170 tratada a alta presión.

60 La segunda corriente de reflujo líquido 168 es introducida en reflujo en la columna de absorción de etileno 80 a través del conducto 86. Este sistema de absorción por reflujo con circulación por gravedad evita la instalación de una bomba criogénica.

Una primera parte 172 de la corriente tratada 170 es enviada hacia la segunda turbina de expansión dinámica 92 para su expansión a una presión inferior a 4,5 bares y formar una segunda corriente de gas combustible 174 a baja presión, enfriada a una temperatura inferior de $-140^{\circ}C$.

ES 2 532 670 T3

La corriente 174 es recalentada a continuación sucesivamente a través de la zona adicional 54, la zona de abajo 52, la zona intermedia 50 y la zona de arriba 58 de intercambio térmico en el seno de la caja fría 46 para formar un segunda corriente de gas combustible calentado 176.

5 La segunda corriente 176 es introducida a continuación en el segundo compresor 94 para formar una parte de la corriente de gas combustible 16.

En una variante, el conjunto de turbina de expansión 92 y el compresor 94 son sustituidos por una válvula de expansión estática global.

10 Una segunda parte 178 del a corriente gaseosa tratada 170 es transportada hasta la unidad de purificación de hidrógeno 96 para formar una corriente 180 rica en hidrógeno y una tercera corriente de combustible a baja presión 182.

15 El contenido de hidrógeno en la corriente rica en hidrógeno 180 producida por la unidad 96 es superior a 90% molar. La temperatura de la corriente 180 es inferior a -125°C .

20 La corriente 180 es pasada a continuación sucesivamente en la zona adicional de intercambio térmico 54, en la zona de abajo de intercambio térmico 52, en la zona intermedia de intercambio térmico 50 y en la zona de arriba de intercambio térmico 48 de la caja fría 46 para su recalentamiento por intercambio térmico con las corrientes que circulan respectivamente en estas zonas y formar la corriente 18 rica en hidrógeno.

25 La tercera corriente de combustible 182 procedente de la unidad 96 presenta una temperatura inferior a -125°C . Esta corriente 182 se hace pasar entonces de manera sucesiva en la zona adicional de intercambio térmico 54, en la zona de más abajo de intercambio térmico 52, en la intermedia de intercambio térmico 50, después en la zona de arriba de intercambio térmico 48 para su calentamiento por intercambio térmico con las corrientes que circulan respectivamente en estas zonas.

30 La tercera corriente de combustible calentada 184 es mezclada a continuación con la primera corriente de combustible calentada 154, después de su compresión en el compresor 94 y a la segunda corriente de combustible calentado 176 para formar una parte de corriente de combustible 16.

35 Según la invención, las frigorías necesarias para la condensación de la corriente de la parte superior gaseosa intermedia 146 procedente de la columna intermedia 68 son facilitadas por intercambio térmico con una corriente circulante en un ciclo semi-abierto del tipo JOULE-THOMPSON.

40 En una variante (no representada), las frigorías necesarias para la condensación de la corriente de la parte superior gaseosa intermedia 146 procedente de la columna intermedia 68 son facilitadas parcialmente en el mismo intercambiador 74 por intercambio térmico, bien sea con la corriente de combustible a baja presión 152 o bien con la segunda corriente de gas combustible 174, obtenidas respectivamente en el escape de la turbina de expansión 88 o en el escape de la turbina de expansión 92, en cumplimiento del ciclo semi-abierto de tipo JOULE-THOMPSON.

45 Por otra parte, las frigorías necesarias para la condensación de la corriente de la parte superior 166 procedente de la columna de absorción 80 son facilitadas por intercambio térmico con una corriente circulante en un ciclo semi-abierto del tipo JOULE-THOMPSON.

50 En una variante (no representada), las frigorías necesarias para la condensación de la corriente de la parte superior 166 procedente de la columna de absorción 80 son facilitadas parcialmente por intercambio térmico en el mismo intercambiador 82, bien sea con la corriente de combustible a baja presión 152 o bien con la segunda corriente de gas combustible 174, obtenidas respectivamente en el escape de la turbina de expansión 88 o en el escape de la turbina de expansión 92, en cumplimiento del ciclo semi-abierto del tipo JOULE-THOMPSON.

55 A estos efectos, una segunda parte 190 del segundo líquido intermedio 136 procedente del recipiente separador 44B es extraída y enfriada en la zona adicional 54 de intercambio térmico hasta una temperatura inferior a -125°C , para formar una segunda parte extraída y enfriada 192.

60 La segunda parte extraída y enfriada 192 es separada a continuación en una primera fracción 194 de enfriamiento del primer intercambiador térmico de reflujo 74, y una segunda fracción 196 de enfriamiento del segundo intercambiador térmico de reflujo 82 y en una tercera fracción 198 de enfriamiento auxiliar.

65 A estos efectos, la primera fracción 194 es expansionada en una sexta válvula de expansión estática 200 hasta una presión inferior a 2 bares, lo que provoca su enfriamiento hasta una temperatura de -140°C . A continuación, es calentada por intercambio térmico con la corriente de la parte superior 146 en el primer intercambiador térmico 74 hasta una temperatura superior a -120°C , para formar una primera fracción calentada 202.

- 5 Igualmente, la segunda fracción 196 es expansionada en una séptima válvula 204 de expansión estática hasta una presión inferior a 2 bares, lo que reduce su temperatura por debajo de -140°C . La segunda fracción expansionada es calentada a continuación por intercambio térmico con la corriente de la parte superior 166 en el segundo intercambiador de calor de reflujo 82 hasta una temperatura superior a -130°C , para formar una segunda fracción calentada 206.
- La tercera fracción 198 es expansionada en una octava válvula de expansión estática 208 hasta una presión inferior a 2 bares para producir una tercera fracción expansionada 210 a una temperatura inferior de -140°C .
- 10 Las fracciones expansionadas 202, 206 y 210 son mezcladas a continuación para formar una corriente 212. La corriente 212 es calentada sucesivamente en la zona adicional de intercambio térmico 54, en la zona de arriba de intercambio térmico 52, en la zona intermedia de intercambio térmico 50, y en la zona de arriba de intercambio térmico 48 por intercambio térmico con las corrientes que circulan respectivamente en estas zonas para formar una corriente calentada 214. La corriente 214 es introducida entonces formando mezcla en el gas craqueado 22, más
- 15 arriba del primer compresor 38 para su compresión en los compresores 38, 40.
- La extracción de una parte de líquido intermedio 136 y su expansión en válvulas estáticas 200, 204, 208 producen por lo tanto las frigorías necesarias para formar las corrientes de reflujo de las columnas 68 y 80 y permite cerrar el balance térmico sobre la caja fría 46, formando un ciclo mixto del tipo JOULE-THOMPSON que integra el conjunto
- 20 de compresión 26 de los gases craqueados.
- Esta disposición particular del procedimiento de tratamiento y de la instalación de tratamiento asociada 24 simplifica notablemente la estructura de la instalación 24 evitando tener que bombear fluidos criogénicos realizando una mejor integración térmica.
- 25 En particular, la corriente de la parte superior gaseosa intermedia 146 no es bombeada hacia la columna de absorción 80, sino que es redirigida hacia las zonas de intercambio térmico 54 a 48, lo que permite evitar conectar la columna 68 a la columna 80 por una bomba criogénica.
- 30 Igualmente, el intercambiador integrado 69 dispuesto en la columna 68 permite utilizar una sola columna de destilación, y por lo tanto, permite reducir el número de equipos en la instalación.
- Además, las columnas de desmetanización 62, 68 que producen corrientes de la parte inferior 14A, 14B respectivas que presenta composiciones distintas, el fraccionamiento posterior en el desetanizador es mejorado por una
- 35 disminución del consumo de energía.
- En todo caso, la instalación de tratamiento 24 y el procedimiento puesto en práctica en esta instalación 24, permiten recuperar más de 99,5% en moles del etileno presente en el gas craqueado 22, con un consumo de energía disminuido y una instalación de estructura simplificada, que presente un coste reducido de puesta en práctica y de
- 40 mantenimiento.
- Además, el enfriamiento de una fracción 104 de la corriente de gas craqueado en bruto comprimido 100 en los intercambiadores térmicos de re-ebullición 64, 70 de las columnas 62, 68, hace mínima la energía necesaria para este enfriamiento, así como el número de equipos, puesto que el mismo intercambiador térmico 64, 70 asegura la
- 45 función de re-ebullición de una columna 62, 68 y de enfriamiento del gas craqueado en bruto.
- El gas rico en hidrógeno 170 que sale de la columna de absorción de etileno 80 es tratado además de manera ventajosa para recuperar una corriente rica en hidrógeno 18, permitiendo que el exceso de gas tratado 170 rico en hidrógeno, procedente de la columna 80 pueda ser eventualmente expansionado a través de una turbina 92 para
- 50 generar un producto frío que puede ser recalentado en la caja fría 46.
- En una variante, por lo menos dos entre la zona superior de intercambio térmico 48, la zona intermedia de intercambio térmico 50, la zona inferior de intercambio térmico 52 y la zona adicional de intercambio térmico 54 están dispuestas en intercambiadores térmicos separados, que no están integrados en el seno de la caja fría 46.
- 55 En una variante, cada una de las zonas 48, 50, 52, 54 está dispuesta en un intercambiador térmico propio.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de tratamiento de una corriente de gas craqueado (22) procedente de una instalación (20) de pirolisis de hidrocarburos del tipo que comprende las etapas siguientes:

- 5 - enfriamiento en la parte superior y condensación parcial de una corriente de gas craqueado en bruto (100) en, como mínimo, una zona superior (48) de intercambio térmico;
- separación de la corriente de gas craqueado en bruto parcialmente condensado en, como mínimo, un separador de la parte superior (42) para recuperar un líquido de la parte superior (106) y una corriente de la parte superior (108) de gas craqueado;
- 10 - introducción de líquido que la parte superior (106) en una columna de la parte superior (62) de desmetanización para recuperar en la parte superior de la columna superior (62) una corriente de la parte superior (114) rica en metano y en el pie de la columna superior una primera corriente líquida (112) rica en hidrocarburos C_2^+ ;
- 15 - enfriamiento intermedio y condensación parcial de la corriente superior de gas craqueado (108) en, como mínimo, una zona intermedia (50) de intercambio térmico;
- separación de la corriente de la parte superior de gas craqueado parcialmente condensado en, como mínimo, un separador intermedio (44A, 44B) para recuperar, como mínimo, un líquido intermedio (124, 136) y una corriente intermedia (138) de gas craqueado;
- 20 - introducción del líquido intermedio o de cada uno de los líquidos intermedios (124, 140) en una columna intermedia (68) de desmetanización para recuperar en la parte superior de la columna intermedia (68), una corriente intermedia de la parte superior (146), y en el pie de la columna intermedia (68), una segunda corriente líquida (144) rica en hidrocarburos C_2^+ ;
- introducción, como mínimo, de una parte de la corriente de la parte superior (114), procedente de la columna superior (62) en la columna intermedia (68);
- 25 - enfriamiento en la parte inferior y condensación parcial de la corriente intermedia de gas craqueado (138) en, como mínimo, una zona inferior (52) de intercambio térmico;
- separación de la corriente intermedia de gas craqueado parcialmente condensado (160) en un conjunto inferior de separación (80) para recupera un líquido de la parte inferior (162) y una corriente de la parte inferior de gas tratado (170);
- 30 - introducción del líquido de la parte inferior (162) en la columna intermedia de desmetanización (68);

caracterizado porque comprende las etapas siguientes:

- 35 ➤ extracción de una parte de un líquido intermedio (136) procedente de un separador intermedio (44A, 44B) y enfriamiento de la parte extraída (190) en una zona adicional (54) de intercambio térmico;
- expansión de, como mínimo, una primera fracción (194) de enfriamiento obtenida a partir de la parte extraída (190) y disposición en relación de intercambio térmico de la primera fracción de enfriamiento expansionada con la corriente intermedia de la parte superior (146) en un primer intercambiador térmico de la parte superior (74) para condensar, por lo menos parcialmente, la corriente intermedia de la parte superior (146);
- 40 ➤ separación de la corriente intermedia de la parte superior parcialmente condensada en un primer separador de reflujo (76) para formar una corriente líquida (148) de reflujo introducida en la columna intermedia (68) por gravedad, y una primera corriente gaseosa de combustible (150);
- 45 ➤ expansión y calentamiento de la primera corriente gaseosa de combustible (150) por paso, como mínimo, en una zona entre la zona adicional (54) de intercambio térmico, la zona de abajo (52) de intercambio térmico, la zona intermedia (50) de intercambio térmico, y la zona superior (48) de intercambio térmico.

2. Procedimiento, según la reivindicación 1, caracterizado porque la columna intermedia (68) presenta un intercambiador térmico integrado (69), introduciéndose por debajo del intercambiador térmico integrado (69) el líquido intermedio o cada uno de ellos (124, 140), siendo introducido el líquido de la parte inferior (162) por encima del intercambiador térmico integrado (69).

3. Procedimiento, según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque comprende una etapa de formación de la corriente de gas craqueado en bruto (100) por compresión de un gas craqueado (22) procedente de la instalación de pirolisis (20) en, como mínimo, un aparato de compresión, comprendiendo el procedimiento las etapas siguientes:

- 60 - calentamiento de la primera fracción de enfriamiento (194) en el primer intercambiador térmico de la parte superior (74) en, como mínimo, una zona entre la zona adicional (54) de intercambio térmico, la zona de abajo (52) de intercambio térmico, la zona intermedia (50) de intercambio térmico y la zona de arriba (48) de intercambio térmico; y
- introducción de la primera fracción de enfriamiento calentada en el gas craqueado (22) más arriba o en el seno del aparato de compresión (38, 40).

4. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la primera corriente gaseosa de combustible (150) procedente del primer separador de reflujo (76) es expandida en un primera turbina

de expansión dinámica (88), y a continuación, es calentada en, como mínimo, una zona entre la zona adicional (54) de intercambio térmico, la zona de abajo (52) de intercambio térmico, la zona intermedia (50) de intercambio térmico y la zona de arriba (48) de intercambio térmico, comprendiendo el procedimiento una etapa de re-compresión de la primera corriente de combustible calentada (54) en, como mínimo, un primer compresor (90) asociado a la primera turbina de expansión dinámica (88).

5. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la primera corriente gaseosa de combustible (150) procedente del primer separado de reflujo (76) es expansionada en una válvula de expansión estática.

6. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el conjunto de abajo de separación presenta una columna (80) de absorción de etileno, comprendiendo el procedimiento las etapas siguientes;

- introducción de la corriente intermedia de gas craqueado parcialmente condensado (160) en la columna de absorción de etileno (80);
- recuperación de una corriente adicional (166) de la parte superior gaseosa procedente de la columna de absorción de etileno (80);
- expansión de una segunda fracción de enfriamiento (196) obtenida a partir de la parte extraída (190) en el líquido intermedio; y
- puesta en relación de intercambio térmico de la segunda fracción de enfriamiento expansionada con la corriente adicional de la parte superior (166) en un segundo intercambiador térmico de la parte superior (82) para condensar, por lo menos parcialmente, la corriente adicional de la parte superior (166);
- introducción de la corriente adicional de la parte superior parcialmente condensada en un segundo separador de reflujo (84) para formar una segunda corriente líquida de reflujo (168) introducida en la columna de absorción de etileno (180) por paso por gravedad y una corriente gaseosa tratada (170).

7. Procedimiento, según la reivindicación 6, caracterizado por comprender las etapas siguientes:

- formación de la corriente de gas craqueado en bruto (100) por compresión de un gas craqueado (22) procedente de la instalación de pirolisis (20) en un aparato de compresión (38, 40);
- calentamiento de la segunda fracción de enfriamiento (190) más abajo del segundo intercambiador térmico de la parte superior (82) en, como mínimo, una zona entre la zona adicional (54) de intercambio térmico, la zona de abajo (52) de intercambio térmico, la zona intermedia (50) de intercambio térmico y la zona de arriba (48) de intercambio térmico;
- introducción de la segunda fracción de enfriamiento calentada en el gas craqueado (22) procedente de la instalación de pirolisis (20) más arriba del aparato de compresión (38, 40) o en el seno del mismo.

8. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 6 ó 7, caracterizado porque comprende las etapas siguientes:

- expansión de, como mínimo, una primera parte (172) de la corriente gaseosa tratada (170) en, como mínimo, una segunda turbina de expansión dinámica (92);
- calentamiento después de expansión de la primera parte (174) de la corriente gaseosa tratada (170) en, como mínimo, una zona entre la zona adicional (54) de intercambio térmico, la zona de abajo (52) de intercambio térmico, la zona intermedia (50) de intercambio térmico y la zona de arriba (48) de intercambio térmico;
- compresión de la primera parte (172) calentada en, como mínimo, un segundo compresor (94) acoplado a la segunda turbina de expansión dinámica (92).

9. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 6 ó 7, caracterizado porque comprende una etapa de expansión de, como mínimo, una primera parte (172) de la corriente de gas tratada (170) en una válvula de expansión estática.

10. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9, caracterizado porque, como mínimo, una segunda parte (178) de la corriente gaseosa tratada (170) es introducida en una unidad (96) de purificación de hidrógeno para producir una corriente rica en hidrógeno (180) y una corriente auxiliar (182) de gas combustible, y eventualmente, una corriente secundaria rica en metano.

11. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque una tercera fracción (198) de la parte extraída (190) es expansionada antes de ser calentada directamente en, como mínimo, una zona entre la zona adicional (54) de intercambio térmico, la zona de abajo (52) de intercambio térmico, la zona intermedia (50) de intercambio térmico y la zona de arriba (48) de intercambio térmico.

12. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque presenta las etapas siguientes:

- separación de la corriente de gas craqueado en bruto (100) en una primera fracción (102) de gas craqueado en bruto y una segunda fracción (104) de gas craqueado en bruto;
- enfriamiento en la parte superior y condensación parcial de la primera fracción (102) de gas craqueado en bruto en la zona de arriba (48) de intercambio térmico;
- enfriamiento de la segunda fracción (104) de gas craqueado en bruto en un intercambiador de arriba de re-ebullición (64) para intercambio térmico con una corriente de abajo de re-ebullición procedente de la columna de arriba (62), y después enfriamiento de la segunda fracción (104) de gas craqueado en bruto en un intercambiador térmico con una corriente intermedia de re-ebullición procedente de la columna intermedia (68);
- formación de la corriente de gas craqueado en bruto parcialmente condensado por mezcla de la primera fracción (104) de gas craqueado en bruto enfriado y al segunda fracción (106) de gas craqueado en bruto enfriado.

13. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la temperatura del gas craqueado en bruto parcialmente condensado antes de su introducción en el separador de arriba (42) es inferior a -25°C, y porque la temperatura de la corriente de arriba de gas craqueado parcialmente condensado (122) antes de su introducción en el separador intermedio (44A) es inferior a -60°C, y porque la temperatura de la corriente intermedia parcialmente condensada (160), antes de su introducción en el conjunto de abajo de separación (80) es inferior a -115°C.

14. Instalación (24) para el tratamiento de una corriente de gas craqueado (22) procedente de una instalación (20) de pirolisis de hidrocarburos, del tipo que comprende:

- medios de enfriamiento de arriba y de condensación parcial de una corriente de gas craqueado en bruto (100) que comprende, como mínimo, un zona de arriba (48) de intercambio térmico;
- medios de separación de la corriente de gas craqueado en bruto parcialmente condensado que comprenden, como mínimo, un separador de arriba (42) para recuperar un líquido de arriba (106) y una corriente de arriba (108) de gas craqueado;
- una columna de arriba (62) de desmetanización y medios de introducción del líquido de arriba (106) en la columna de arriba (62) para recuperar en la parte superior de la columna de arriba (62) una corriente de arriba de la parte superior (114) rica en metano y, en el puede la columna de arriba, una primera corriente líquida (112) rica en hidrocarburos C_2^+ ;
- medios de enfriamiento intermedio y de condensación parcial de la corriente de arriba de gas craqueado (108) que comprenden, como mínimo, una zona intermedia (150) de intercambio térmico;
- medios de separación de la corriente de arriba de gas craqueado parcialmente condensado que comprenden, como mínimo, un separador intermedio (44A, 44B) para recuperar, como mínimo, un líquido intermedio (124, 136) y una corriente intermedia (138) de gas craqueado;
- una columna intermedia (68) de desmetanización, y medios de introducción del líquido intermedio (124, 140) o de cada líquido intermedio en la columna intermedia (68) para recuperar, en la parte superior de la columna intermedia (68), una columna intermedia de la parte superior (146) y en el pie de la columna intermedia (68) una segunda corriente líquida (144) rica en hidrocarburos en C_2^+ ;
- medios de introducción de, como mínimo, una parte de la corriente de arriba de la parte superior (114) procedente de la columna de arriba (62) en la columna intermedia (68);
- medios de enfriamiento de abajo y de condensación parcial de la corriente intermedia de gas craqueado (138) que comprenden, como mínimo, una zona de abajo (52) de intercambio térmico;
- medios de separación de la corriente intermedia de gas craqueado parcialmente condensado (160) que comprenden un conjunto de abajo de separación (80) para recuperar un líquido de abajo (162) y una corriente de abajo de gas tratado (170);
- medios de introducción del líquido de abajo (162) en la columna intermedia de desmetanización (68);

caracterizada porque la instalación comprende:

- medios de extracción de una parte de un líquido intermedio (136) procedente de un separador intermedio (44A, 44B) y medios de enfriamiento de la parte extraída (190), que comprenden una zona adicional (54) de intercambio térmico;
- medios de expansión de, como, mínimo, una primera fracción (194) de enfriamiento obtenida a partir de la parte extraída (190) y medios de la puesta en relación de intercambio térmico de la primera fracción de enfriamiento expansionada con la corriente intermedia de la parte superior (146) comprendiendo un primer intercambiador térmico de la parte superior (74) para condensar, por lo menos parcialmente, la corriente intermedia de la parte superior (146);
- medios de separación de la corriente intermedia de la parte superior parcialmente condensada que comprende un primer separador de reflujo (76) para formar una corriente líquida (148) de reflujo introducida en la columna intermedia (68) por gravedad, y una primera corriente gaseosa de combustible (150);

- medios de calentamiento de la primera corriente gaseosa de combustible (150) que comprende medios de paso a, como mínimo, en una zona entre la zona adicional (54) de intercambio térmico, la zona de abajo (52) de intercambio térmico, la zona intermedia (50) de intercambio térmico, y la zona de arriba (48) de intercambio térmico.

5

15. Instalación (24), según la reivindicación 14, caracterizada por comprender:

- medios de formación de la corriente de gas craqueado en bruto (100) por compresión de un gas craqueado (22) procedente de la instalación de pirolisis (20) que comportan, como mínimo, un aparato de compresión (38, 40);
- medios de calentamiento de la primera fracción de enfriamiento (194) más abajo del primer intercambiador térmico de la parte superior (74), comprendiendo medios de paso a, como mínimo, una zona entre la zona adicional (54) de intercambio térmico, la zona de abajo (52) de intercambio térmico, la zona intermedia (50) de intercambio térmico y la zona de arriba (48) de intercambio térmico; y
- medios de introducción de la primera fracción de enfriamiento calentada en el gas craqueado (22) más arriba del aparato de compresión (38, 40) o en el seno del mismo.

10

15

16. Instalación (24), según cualquiera de las reivindicaciones 14 ó 15, caracterizada porque el conjunto de abajo de separación presenta una columna (80) de absorción de etileno, comprendiendo la instalación (24):

20

- medios de introducción de la corriente intermedia de gas craqueado parcialmente condensado (160) en la columna de absorción de etileno (80);
- medios de recuperación de una corriente adicional (166) de la parte superior gaseosa procedente de la columna de absorción de etileno (80);
- medios de expansión de una segunda fracción de enfriamiento (196) obtenida a partir de la parte extraída (190); y
- medios de puesta en relación de intercambio térmico de la segunda fracción de enfriamiento expansionada con la corriente adicional de la parte superior (166), que comprenden un segundo intercambiador térmico de la parte superior (82) para condensar, como mínimo, parcialmente, la corriente adicional de la parte superior (166);
- medios de separación de la corriente adicional de la parte superior parcialmente condensada que comprenden un segundo separador de reflujo (84) para formar una segunda corriente de líquido de reflujo (168) introducida en la columna de absorción de etileno (80) y una corriente gaseosa tratada (170).

25

30

17. Instalación, según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 16, caracterizada por comprender:

35

- medios de formación de la corriente de gas craqueado en bruto (100) por compresión de un gas craqueado (22) procedente de la instalación de pirolisis (20) comportando, como mínimo, un aparato de compresión (38, 40);
- medios de calentamiento de la segunda fracción de enfriamiento (196) más abajo del segundo intercambiador térmico de la parte superior (82), comprendiendo medios de paso en, como mínimo, una zona entre la zona adicional (54) de intercambio térmico, la zona de abajo (52) de intercambio térmico, la zona intermedia (50) de intercambio térmico y la zona de arriba (48) de intercambio térmico;
- medios de introducción de la segunda fracción de enfriamiento calentada en el gas craqueado (22) procedente de la instalación de pirolisis (20), más arriba del aparato de compresión (38, 40) o en el seno del mismo.

40

45

