

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 772 139**

51 Int. Cl.:

C10G 11/18	(2006.01) C10G 51/02	(2006.01)
B01J 8/24	(2006.01)	
B01J 38/06	(2006.01)	
B01J 38/56	(2006.01)	
C07C 11/04	(2006.01)	
C07C 11/06	(2006.01)	
B01J 8/28	(2006.01)	
C07C 11/02	(2006.01)	
B01J 38/14	(2006.01)	
C07C 4/06	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.10.2011** **PCT/FR2011/052366**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **19.04.2012** **WO12049416**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.10.2011** **E 11832095 (1)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.12.2019** **EP 2627736**

54 Título: **Procedimiento de craqueo y extracción en fases múltiples en una unidad de FCC**

30 Prioridad:

15.10.2010 FR 1058432

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

07.07.2020

73 Titular/es:

TOTAL RAFFINAGE FRANCE (100.0%)
2 place Jean Millier, 2 place Jean Millier
92400 Courbevoie, FR

72 Inventor/es:

LEROY, PATRICK;
BORIES, MARC y
ECHARD, MICHAËL

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 772 139 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 de craqueo y extracción en fases múltiples en una unidad de FCC

La presente invención se refiere a un procedimiento de extracción de fases múltiples en un procedimiento de craqueo catalítico en lecho fluidizado o FCC (*Fluidized catalytic cracking*) para la maximización de la producción de olefinas, es decir de olefinas en C₃ y C₄, en particular de propileno. Este procedimiento, que se integra en el procedimiento de craqueo catalítico, participa en los procesos que limitan la producción de gasolina cuya producción es excedente particularmente en Europa, y contribuye por lo tanto no solamente a aumentar la producción de olefinas sino también a maximizar la producción de bases de gasóleo. Se aplica a cualquier procedimiento de FCC que comprende una etapa de reacción en un reactor de lecho fluidizado ascendente o descendente, una etapa de separación y de extracción de hidrocarburos craqueados y granos de catalizador coquificados y una etapa de regeneración del catalizador. Se refiere del mismo modo a los dispositivos de implementación de dicho procedimiento, que se pueden utilizar en una unidad de craqueo catalítico, los cuales pueden comprender uno o varios reactores ascendentes y/o descendentes.

Se entiende en este caso por extracción, la operación que consiste en extraer por medio de un fluido gaseoso, los hidrocarburos atrapados en los granos de catalizador a la salida del reactor fluidizado. Además, la capacidad de la unidad de FCC en la cual se realiza esta operación se denomina desacoplador/extractor. Se denominará también a continuación como desacoplador a la parte de dicho desacoplador/ extractor que permite separar los granos de hidrocarburo por separación balística o centrífuga, y extractor a la parte del mismo en el cual se efectúa la extracción de los granos.

Durante muchos años, las refinerías y las empresas licenciadoras de las tecnologías de FCC trabajan en la estilización de funcionamiento de estos procedimientos y de las unidades correspondientes. La optimización de los procedimientos de FCC en primer lugar se dirigió hacia la producción de productos ligeros de tipo gases licuados, naftas y gasolinas, estos productos que se corresponden a la demanda del mercado. Había esencialmente una demanda de olefinas ligeras de C₂ a C₄ para los fabricantes de polímeros y una demanda de gasolina principalmente para el consumo del parque de vehículos automóviles ligeros, no siendo mayoritaria la demanda de bases de gasóleo.

Como recordatorio, durante una operación de craqueo catalítico, la carga es inyectada en un reactor principal donde se pone en contacto con los granos de catalizador calientes en un lecho fluidizado, que provienen del regenerador responsable de quemar bajo una atmósfera oxidante el coque depositados sobre los granos del catalizador durante el craqueo de la carga. Al final del reactor, los hidrocarburos craqueados en forma gaseosa son separados de los granos de catalizador coquificados en el desacoplador/extractor. A la salida del desacoplador de este desacoplador/extractor, los hidrocarburos craqueados en forma gaseosa son dirigidos hacia una unidad de fraccionamiento para ser divididos en varias fracciones de hidrocarburos. De forma simultánea, los granos de catalizador coquificados son recuperados en el extractor del desacoplador/extractor en forma de un lecho denso donde son barridos a contracorriente por un gas inerte, preferiblemente vapor, cuya función es eliminar cualquier traza de hidrocarburos residuales atrapados en los poros de cada grano de catalizador o en los intersticios del lecho denso. A la salida del extractor, los granos de catalizador coquificados y extraídos son dirigidos hacia el regenerador.

Generalmente, en funcionamiento estabilizado, sin restricción exterior, es decir en condiciones estables de temperatura, presión y velocidad de circulación del catalizador en la unidad, se obtiene un equilibrio térmico cuando la cantidad de coque formado permanece constante en el reactor. Esta cantidad de coque formada y necesaria para la estabilidad del funcionamiento de la unidad se caracteriza por el "coque DELTA". Este coque Delta corresponde a la diferencia entre la cantidad de coque presente a la entrada de la zona de regeneración y la presente sobre el catalizador generado a la salida de esta zona. Si el coque Delta y por tanto la temperatura del catalizador regenerado aumentan debido a la presencia de hidrocarburos aún atrapados en los granos de catalizador, será necesario modificar los parámetros de ajuste de la unidad. Por ejemplo, se podrá reducir el régimen de granos de catalizador que circulan para mantener la temperatura de reacción de la carga a craquear en los límites aceptables o incluso ajustar el precalentamiento de la carga.

También, los ingenieros responsables de mejorar el funcionamiento del FCC han estado interesados particularmente en la problemática de la extracción óptima de los granos coquificados de los catalizadores recuperados a la salida del reactor y de la configuración posible de los desacopladores/extractores. De hecho, es esencial separar lo más eficientemente posible los hidrocarburos atrapados en los granos de los catalizadores coquificados. Una extracción insuficiente de los granos coquificados está en el origen de una combustión más importante en el seno del regenerador, por tanto de un aumento de la producción de calor transportado por el catalizador en el reactor y finalmente un aumento de los gases secos no deseados y una pérdida de producción en los productos convertidos esperados tales como las olefinas de C₃ a C₄, las gasolinas y las bases de gasóleo. Además, un sobrecalentamiento del regenerador podría causar daños metalúrgicos en los casos extremos, y una desactivación acelerada del catalizador. Por el contrario, una extracción demasiado larga puede ser el origen de reacciones secundarias no deseadas tales como una coquificación particularmente excesiva de los granos del catalizador que puede llevar a una desactivación parcial de los mismos. Los tiempos de extracción deben por tanto ser óptimos para evitar estos dos escollos y mantener las condiciones estables de funcionamiento de la unidad de FCC.

La eficacia del funcionamiento de extracción es esencial para el buen control de las operaciones de craqueo. Esta eficacia se mide por la determinación del hidrógeno residual en el coque de los granos del catalizador. Se habla de una buena eficacia de extracción cuando este valor está comprendido entre un 6 y un 6,5 % en peso con respecto a los pesos de coque.

5 Para alcanzar, incluso mejorar esta eficacia de la extracción, los profesionales de los procedimientos de FCC han desarrollado numerosas tecnologías que permiten favorecer esta separación. De una manera general, resulta que la introducción de obstáculos en el extractor en el recorrido del lecho denso de los granos de catalizador hacia el regenerador a la vez que se mantiene el barrido a contracorriente de estos granos por un fluido gaseoso inerte, favorece la separación buscada.

10 De forma paralela a la implementación de estos obstáculos, los profesionales han desarrollado revestimientos susceptibles de dividir mejor el lecho denso de granos del catalizador coquificados en una multitud de flujos y de hacer que estos granos sean más accesibles al fluido de extracción y por tanto eliminar aún más los hidrocarburos atrapados en los granos por ejemplo según la patente WO01/047630.

15 El solicitante, en su patente EP 719850, ha descrito un revestimiento estructurado, también denominado *packing* en inglés, destinado a estar dispuesto en el extractor a nivel de la formación del lecho denso del catalizador que retorna hacia el regenerador. Este revestimiento comprende al menos un elemento, dispuesto a lo largo de toda la sección transversal del extractor a este nivel: este elemento comprende celdas yuxtapuestas que se orienta de manera sensiblemente radial con el fin de dividir el lecho denso en un gran número de flujos lo que permite por tanto el paso simultáneo de los granos de catalizador y del fluido del extractor. De forma más precisa, el solicitante ha recomendado la utilización de chapas plegadas dispuestas unas sobre otras de tal manera que los pliegues respectivos de dos chapas contiguas forman un ángulo que varía de 10 a 90°.

20 Desde entonces se han propuesto otros revestimientos. Por ejemplo en las patentes US7022221, US7077997 y WO2007/094771, se proponen deflectores que presentan la forma de bandejas dispuestas en el extractor alrededor del tubo vertical, cada bandeja que comprende una multitud de orificios determinados por rejillas o agujeros formados que presentan paredes inclinadas con respecto al plano de dicha bandeja. Estos orificios dejan pasar los granos y el gas del extractor inyectado a contracorriente con respecto al flujo de los granos de catalizador desde al menos un punto situado aguas abajo de los deflectores.

25 En la patente WO00/35575, se propone el entrecruzamiento de pares de plaquetas de secciones metálicas planas para crear un revestimiento de la parte del extractor del FCC con el fin de dividir el flujo del catalizador coquificado como anteriormente con el envío de un flujo gaseoso a contracorriente inyectado aguas abajo de este entrecruzamiento.

30 En la patente china publicada CN1763150, varias bandejas que comprenden una disposición regular de aletas de guiado perpendiculares al plano de cada una de las bandejas, se disponen en el extractor unas sobre otras. Las bandejas vecinas son colocadas para que las aletas de la primera sean perpendiculares a la de la segunda y así sucesivamente de manera que se determinan caminos preferentes que permiten la división y la extracción de los granos de catalizador por el fluido de extracción inyectado aguas abajo de las bandejas a contracorriente.

35 En la patente EP1577368, se trata de integrar alrededor del tubo vertical en el interior del extractor un revestimiento constituido de varias capas superpuestas, cada una de las cuales está constituida de una pluralidad de cintas onduladas yuxtapuestas. Con preferencia, dos capas vecinas se disponen de tal manera que las cintas de la primera capa y las de la segunda capa forman un ángulo no nulo. Los montes, valles y orificios de una bandeja tomados en combinación con los montes, valles y orificios de las bandejas dispuestas a ambos lados determinan un camino en el revestimiento por tanto estructurado que permite la circulación del flujo de los granos de catalizador y su extracción para un fluido de extracción inyectado aguas abajo de dicho revestimiento.

40 En todos estos revestimientos, el objetivo es optimizar la extracción del catalizador pero ninguno constituye un medio para reducir la producción de hidrocarburos no deseados, objetivo de la presente invención.

En un contexto de maximización de la producción de olefinas ligeras y de minimización de gasolinas producidas en el FCC, el solicitante se propone reciclar los hidrocarburos no deseados recuperados en el fraccionamiento, al nivel del extractor del FCC con el fin de craquear los mismos.

45 A pesar de la reducción de la actividad catalítica de sólido ligada a la presencia de coque, el profesor Corna ha mostrado (*Corna et al, Applied Catalysis A: General* 265 (2004) 195-206) que el nivel de conversión de una capa de hidrocarburo ligera, por ejemplo una gasolina catalítica, en lecho denso en las condiciones de craqueo tales como las encontradas en un extractor parece ser interesante en particular con la producción de propileno (olefinas en C₃) con un poco de coque y de gases secos.

50 Esta terminología se ha contemplado ya por la patente US7658837 que propone la inyección homogénea de uno o varios flujos de hidrocarburos, por ejemplo de nafta o de LCO (*light cycle oil*, o bien en francés gasóleo ligero de craqueo catalítico) originado en el FCC o producido por un coquizador, que permite o bien reducir el azufre y mejorar la calidad de los productos o bien favorecer la producción de olefinas ligeras, en particular de tipo propileno.

La utilización de este tipo de reciclado, pero con hidrocarburos más coquificantes, también se ha descrito en el documento EP2072605 para aumentar la cantidad de coque en el catalizador enviado al regenerador, el objetivo de esta adición de coque que es hacer funcionar el regenerador como un gasificador, susceptible de producir gas de síntesis, inyectando en el regenerador no más oxígeno sino una mezcla de oxígeno, vapor de agua y gas carbónico CO₂, recogido en las otras unidades circundantes.

En estos dos documentos, los hidrocarburos son craqueados en una sola etapa en el extractor, inyectándose vapor de agua de extractor después de la etapa de craqueo, pero también antes en el documento EP2072605.

El objetivo de la presente invención es transformar la etapa de un procedimiento de FCC utilizado exclusivamente para separar y extraer los granos de catalizador y limitar el arrastre de hidrocarburos hacia el regenerador, en al menos dos etapas de reacción (craqueo) y al menos dos etapas de extracción permitiendo mejorar los rendimientos económicos del procedimiento de FCC sin modificar la eficacia de la función inicial de extracción de una etapa de este tipo.

El solicitante por tanto ha desarrollado un nuevo procedimiento de reacción y de extracción que combina el craqueo múltiple de hidrocarburos sobre los granos de catalizador coquificados, en particular de hidrocarburos en los que se quiere minimizar la producción, y la extracción de estos granos de catalizadores coquificados en presencia de un revestimiento particular en concreto en el extractor o en lugar de esta extracción. Se trata en este caso de utilizar el extractor así modificado, como una zona múltiple de craqueo, es decir de varias etapas de craqueo, en la cual es posible por ejemplo, reciclar hidrocarburos no deseados de los cuales se quiere disminuir la producción, obtenidos por craqueo a nivel del reactor principal. El solicitante contempla esta combinación tanto para el remodelado de unidades existentes como para la construcción de unidades nuevas.

La presente invención contempla aumentar la flexibilidad de funcionamiento de las unidades de FCC en función de los mercados. Esta flexibilidad es alcanzada minimizando la producción de hidrocarburos no deseados y maximizando la producción de hidrocarburos de alto valor añadido tales como las olefinas ligeras en C₃ y C₄ y/o los destilados de tipo gasóleo para la implementación de un nuevo procedimiento de reacción y de extracción de fases múltiples que se puede integrar fácilmente en un procedimiento de craqueo catalítico clásico.

Se entiende en este caso por procedimiento de craqueo catalítico clásico un procedimiento que comprende una etapa de reacción de una carga de hidrocarburo sobre un lecho fluidizado de catalizador ascendente o descendente, una etapa de desacoplamiento/extracción de los granos de catalizador coquificados con efluentes craqueados (es decir, separación de los granos de efluentes después de la extracción de estos granos), y finalmente una etapa de regeneración, en una o fases múltiples, de los granos de catalizadores coquificados, los granos de catalizador regenerados recuperados a la salida, siendo enviados a la entrada del lecho fluidizado de la etapa de reacción.

La presente invención tiene por tanto por objeto un procedimiento de craqueo catalítico clásico en lecho fluidizado según la reivindicación 1 que comprende un procedimiento de craqueo y de extracción de fases múltiples de una mezcla fluidizada de hidrocarburos y de granos de catalizador coquificados, integrada en una etapa de desacoplamiento/extracción del procedimiento de craqueo catalítico clásico en lecho fluidizado, dicho procedimiento de fases múltiples que comprende al menos una etapa de craqueo y una etapa de extracción después de la separación de los granos de catalizador coquificados y de los efluentes craqueados, caracterizado porque dicho procedimiento de craqueo y de extracción de fases múltiples comprende al menos dos etapas de craqueo de al menos un fluido de hidrocarburo sobre los granos de catalizador coquificados separados, seguidas de al menos dos etapas de extracción de estos granos, cada etapa de craqueo que precede a una etapa de extracción.

En el ámbito de la presente invención, el fluido de hidrocarburo es inyectado sobre los granos de catalizador coquificados por medio de uno o varios inyectores en el transcurso de la primera etapa de craqueo, mientras que la extracción de los granos de catalizadores coquificados es efectuada en el transcurso de la etapa de extracción, por un fluido de extracción, inyectado a contracorriente de los granos de catalizador utilizados en la etapa anterior.

Entre las ventajas de la invención, la primera ventaja es crear al menos dos zonas de reacción suplementarias además del (o de los) reactor(es) ascendente(s) o descendente(s) en la misma unidad de FCC: ello permite consumir hidrocarburos de los cuales se quiere limitar la producción sin limitar la capacidad hidráulica de la unidad, a la vez que se asegura una extracción eficaz del catalizador a la salida del extractor con el fin de mantener los equilibrios térmicos de la unidad de FCC.

En un modo preferente de la invención, el procedimiento según la invención, integrada en la etapa de desacoplamiento/extracción por una unidad de craqueo catalítico clásica, comprenderá de forma ventajosa aguas arriba de la primera etapa de craqueo, una etapa de extracción previa del catalizador consistente en barrer a contracorriente el flujo de los granos de catalizador coquificados (que provienen de la separación de efluentes craqueados/catalizador coquificado) por un fluido de extracción inyectado a contracorriente de dicho flujo; el caudal de este fluido varía de forma preferible de un 10 a un 40 % del caudal total de fluido utilizado para la extracción de los granos coquificados en dicho procedimiento según la invención.

La adición de una fase de extracción previa de los granos de catalizador constituye una segunda ventaja de la invención: esta fase permite restaurar una parte de la actividad del catalizador eliminando (al menos parcialmente) los hidrocarburos estantes atrapados y adsorbidos en los granos después de la separación, antes de la primera etapa de

craqueo y por tanto maximizar la conversión de la fracción de hidrocarburo inyectada en el transcurso de la primera etapa de craqueo.

Se distribuyen los granos en los diferentes compartimentos dedicados al craqueo y según sea el caso en la extracción por medio de al menos un elemento de revestimiento estructurado de tipo *packing* descrito en particular en las patentes citadas en la presente descripción.

Estos elementos de revestimiento estructurados permiten una distribución perfectamente homogénea de los granos de sólidos sobre toda la sección del extractor. El flujo de sólido es por tanto asimilable a un flujo de tipo pistón sin retro-mezclado, mejorando el contacto entre las fases sólida y gaseosa sin el paso preferible del gas. Además, las burbujas de gas que ascienden, cuyo volumen tiene la tendencia de aumentar por coalescencia de las burbujas más pequeñas, son por tanto rotas durante el paso en dichos revestimientos estructurados, lo que favorece la transferencia de materia entre la fase gaseosa y la fase sólida.

En ausencia de dichos elementos de revestimiento, el volumen de las burbujas de gas limitaría por tanto sus tiempos de permanencia en el extractor debido a su velocidad de ascensión demasiado elevada. El intercambio de materia con el sólido que desciende será por tanto limitado de forma importante debido a los tiempos reducidos de permanencia de las burbujas en el extractor pero del mismo modo debido a la disminución de la superficie de intercambio entre las dos fases, siendo las burbujas demasiado grandes.

Además, las condiciones de craqueo, en el sentido catalítico del término, son muy favorables, con una relación (C/O) catalizador respecto hidrocarburos extremadamente elevada, comprendida entre 30 y 200, y una temperatura de reacción ligeramente inferior a la medida a la salida del reactor del orden de 1 a 5 °C.

Una ventaja de la presente invención es también que permite crear las condiciones hidráulicas, catalíticas y térmicas óptimas para limitar la producción de coque y de gases secos a favor de las olefinas ligeras (C₃ a C₄) así como que la actividad del catalizador utilizado se reduzca por el coque residual presente. Esta caída de actividad catalítica es en gran parte compensada por la relación de catalizador respecto a hidrocarburos muy elevada.

Esta etapa de extracción previa es totalmente similar a la practicada por el experto en la técnica a través de la utilización de elementos de revestimiento estructurados para la extracción de hidrocarburos incluso presentes en los granos de catalizador antes de la etapa de regeneración.

Las etapas de extracción de dicho procedimiento según la invención, comprenden al menos una inyección de gas constituido mayoritariamente, por ejemplo al menos un 60 % (en volumen), de vapor de agua.

Las etapas de craqueo comprenden al menos una inyección de hidrocarburos, con preferencia una fracción de hidrocarburo reciclado, pudiendo contener menos del 5 % (en volumen) de vapor de agua, en particular para ayudar a la atomización y la vaporización de hidrocarburos más pesados, en particular destilados de tipo gasóleo. Por ejemplo, la fracción de hidrocarburo inyectado comprenderá ventajosamente de un 1 a un 3 % (en volumen) de vapor de agua.

Otro efecto técnico de la invención es obtener un craqueo más selectivo en el transcurso de las etapas de craqueo para maximizar la producción de un producto deseado en el transcurso de la etapa de desacoplamiento/extracción. De forma comparativa al craqueo en el reactor, el craqueo en la etapa de desacoplamiento/extracción se hace en las condiciones tales que la proporción de caudal de catalizador respecto al régimen de carga nueva (C/O) se eleva y la temperatura más baja, lo que favorece las reacciones catalíticas con respecto a las relaciones térmicas, estas últimas que generan productos no deseados como los gases secos. La utilización del reciclado de hidrocarburos en el extractor permite por tanto reducir la severidad de las condiciones de craqueo en el reactor (típicamente bajando la temperatura de reacción). Principal. Por tanto, el craqueo de una gasolina catalítica en lecho denso fluidizado conduce selectivamente a la producción de gas de petróleo licuado o GLP, que permitirá que la producción total de GLP disminuya la temperatura de reacción (TRX o ROT) del reactor principal de craqueo de la carga. Al disminuir esta temperatura, se reducirá la producción de gases secos y otros productos secundarios como las di-olefinas, por tanto aliviando el compresor de gases craqueados dispuesto en la cabeza de la columna de fraccionamiento de efluentes craqueados. Esta ganancia de volumen podrá aprovecharse craqueando nuevas gasolinas en el extractor y/o utilizando más aditivo de conversión tipo ZSM5, para aumentar la producción de GLP tanto a nivel de la zona de craqueo principal de la carga como en las etapas de craqueo de la zona de extracción.

Otro efecto técnico de la presente invención es poder beneficiarse de un efecto *catcooler* (o enfriamiento del catalizador) independiente de la ROT o TRX. Si la producción de coque se mantiene baja, la fracción de hidrocarburo introducido aguas abajo de una etapa de craqueo va a enfriar los granos de catalizador. Por ejemplo, para una unidad cuyo caudal de circulación es de 40 toneladas/minuto (t/min), la introducción de 20 toneladas/hora (t/h) de gasolina en el transcurso de una fase de craqueo conducirá a disminuir la temperatura de los granos de catalizador 5 °C, siendo esta disminución de temperatura del mismo modo constatada en la fase densa del catalizador presente en el regenerador.

En el procedimiento según la invención, se intercalan dos etapas de craqueo entre dos etapas de extracción que favorecen por tanto la conversión de una fracción de hidrocarburo de temperatura de ebullición típicamente inferior a

220 °C en hidrocarburos ligeros de tipo GLP, sin modificación del equilibrio hidráulico del procedimiento de craqueo catalítico en el cual se integra, aumentando débilmente la cantidad de coque presente en los granos de catalizador.

En un procedimiento de FCC que funciona en modo de maximización de destilados, en particular de tipo gasóleo, el reciclado comprendería de forma ventajosa la gasolina producida o cualquier fluido de temperatura de ebullición inferior o igual a 220 °C y/o incluso productos de tipo HCO (*heavy cycle oil* o incluso gasóleo pesado aromático) o aceite decantado (o lodos de hidrocarburos residuales) recuperados al nivel de la etapa de fraccionamiento de hidrocarburos del procedimiento de FCC. En este modo de maximización del destilado, se preferirá trabajar a baja conversión con una temperatura de reacción al nivel de reactor principal que varía típicamente de 490 a 510 °C, traduciéndose en proporciones de caudal de catalizador respecto a régimen de carga nueva (C/O) que varían de 4 a 6. Se pueden del mismo modo introducir en el procedimiento de la invención, hidrocarburos que provienen de otras unidades de refinado (coquificador, hidrocraqueador, viscoreductores, destilación atmosférica, etc.) o incluso productos que provienen de la biomasa, por ejemplo aceites vegetales o hidrocarburos verdes que provienen de la biomasa de primera o segunda generación. No saldrá del ámbito de la invención, si se introducen de forma simultánea hidrocarburos en combinación con aceites vegetales tales como aceites de colza o de palma.

En un modo preferente de la invención, los hidrocarburos para el reciclado pueden ser elegidos entre las olefinas en C₆ y C₇ y los oligómeros de temperatura de ebullición inferior a 220 °C resultantes de la polimerización de olefinas de C₂ a C₅.

Los diferentes hidrocarburos descritos anteriormente pueden introducirse solos o mezclados.

Por tanto, es posible inyectar hidrocarburos de la misma naturaleza en etapas de craqueo diferentes o hidrocarburos de naturaleza diferente en cada una de las etapas de craqueo o incluso hidrocarburos de naturaleza diferente en forma conjunta en una misma etapa de craqueo.

Para alcanzar el objetivo común de maximización de destilados y de optimización de la producción de olefinas en C₃ y C₄ y de forma más particular en propileno, se inyecta en la primera etapa de craqueo al menos un hidrocarburo elegido entre la gasolina producida o cualquier fluido de temperatura de ebullición inferior o igual a 220 °C, de forma preferible inferior o igual a 160 °C, y en la segunda etapa de craqueo productos de tipo HCO o de aceite decantado, recuperados al nivel de la etapa de fraccionamiento de los hidrocarburos del procedimiento de craqueo catalítico en lecho fluidizado, estando separadas estas dos etapas por una etapa de extracción. En dicha configuración la ROT o TRX será elegida con preferencia entre 490 y 510 °C, resultando en una proporción de caudal de catalizador con respecto al régimen de carga nueva (C/O) comprendida entre 4 y 6, permitiendo minimizar la conversión en el tubo vertical principal, típicamente comprendida entre 60-65 % en peso.

En otro modo de realización preferente, el procedimiento según la invención comprenderá una sucesión de etapas de craqueo y de extracción, que comprende eventualmente una etapa inicial de extracción previa. Es posible introducir tantas etapas de craqueo y de extracción como se desee, siendo la última etapa siempre una etapa de extracción con el fin de preparar los granos de catalizador para ser regenerados, reduciendo esta etapa el arrastre de hidrocarburos susceptibles de aumentar la temperatura del regenerador.

Una etapa de extracción comprenderá de forma ventajosa al menos un elemento de revestimiento estructurado y un sistema de inyección de vapor a contracorriente del flujo de catalizador. De forma paralela, una etapa de craqueo comprenderá un sistema de inyección de hidrocarburos y según sea el caso un elemento de revestimiento estructurado en todo o parte del volumen dedicado al craqueo.

Se ajustará la disposición y las condiciones de funcionamiento del procedimiento de la invención de manera que se respeten las reglas aplicadas comúnmente por el experto en la técnica, en particular la velocidad de ascensión de los gases, el flujo sólido descendente y los tiempos de residencia en particular al nivel de la etapa de extracción antes de la reintroducción del catalizador en el regenerador.

En el procedimiento de craqueo catalítico que integra el procedimiento de la invención, el catalizador es un catalizador convencional dedicado a la producción de gasolina partir de una carga pesada de tipo residuo atmosférico (superficie total de preferencia superior o igual a 110m²/g y cuyo contenido en metales contaminantes, níquel y vanadio, con preferencia es inferior a 10000 ppm en peso para limitar los efectos secundarios no deseados como la producción de gases secos (es decir, en particular la producción de etileno, de metano, de hidrógeno y de H₂S) y de coque. En un modo preferente de la invención, se podrá añadir a la masa catalítica constituida por este catalizador convencional en su totalidad o en parte coquificado en ciertas fases del procedimiento, hasta un 15 % en peso de aditivo, por ejemplo de aditivo ZSM5, favoreciendo la formación de olefinas por craqueo de gasolinas, que provienen del craqueo de la carga inyectada en el reactor ascendente o del reciclado de hidrocarburos en el extractor del acoplador- extractor de la unidad de craqueo catalítica. En la práctica, más allá de la concentración de un 15 % en peso de aditivo, se observa un fenómeno de dilución de la actividad catalítica del catalizador que asegura el craqueo de la carga, lo que limita la producción de moléculas de gasolina y en consecuencia, la producción de olefinas ligeras de C₂ a C₄. El aporte de aditivo se puede hacer independientemente del aporte de catalizador, mezclándolo con el mismo en la proporción apropiada.

La presente invención tiene del mismo modo por objeto un procedimiento según la reivindicación 10, que implementa un dispositivo de craqueo y de extracción adaptado a las unidades de craqueo catalítico colocado en una capacidad denominada de extractor del acoplador/extractor (7) dispuesta aguas abajo del reactor principal que contiene el lecho fluidizado, esta capacidad que comprende un desacoplador para la separación centrífuga y/o balística de los granos de catalizador y de hidrocarburos craqueados procedentes del reactor principal, y un extractor para la extracción de los granos de catalizador (9) dispuesto aguas arriba de la salida (8) del catalizador hacia el regenerador y el depurador por desorción comprende al menos cuatro compartimentos, incluidos al menos dos compartimentos de craqueo (2) y al menos dos compartimentos de extracción (3), equipados de elementos de revestimiento estructurados o *packing*, ocupando estos elementos la totalidad o parte de la sección de dicho compartimento, y cada compartimento que comprende en su base al menos un medio de inyección (5) de fluidos gaseosos, por ejemplo por medio de una corona de inyección y/o de inyector.

En un modo preferente de la invención, el dispositivo comprende además al menos un compartimento de extracción previa (1) de los granos de catalizador situado aguas arriba del compartimento (2) de craqueo, de forma ventajosa equipado de al menos un inyector (3) de fluido de extracción y según sea el caso de al menos un revestimiento estructurado o no.

Con preferencia, el dispositivo de la invención comprende una pluralidad de compartimentos de craqueo y de extracción intercalados, equipados de al menos un medio de inyección de fluidos gaseosos, los volúmenes de la totalidad de las etapas de craqueo y de extracción que se corresponden respectivamente de un 25 a un 65 % y de un 35 a un 75 % del volumen total ocupado. Si hay un compartimento de extracción previa, este podrá ocupar hasta un 25 % del volumen dedicado a la extracción.

Según la invención los compartimentos de craqueo y de extracción están equipados de elementos de revestimiento estructurados o *packing* tales como los descritos anteriormente en las patentes citadas en la presente descripción. De forma más particular, en los compartimentos de craqueo del dispositivo según la invención, los elementos de revestimiento ocuparán la totalidad o parte de la sección del compartimento. No saldrá por tanto del ámbito de la presente invención si toda la altura de un compartimento de craqueo, el mismo que está cortado en al menos dos secciones, una que está equipada de un revestimiento o *packing*, la otra que permanece libre y/o equipada de obstáculos. Dicha configuración permite el craqueo de hidrocarburos diferentes en dos secciones distintas del mismo compartimento.

Para la inyección de fluidos gaseosos o hidrocarburos líquidos vaporizables en los compartimentos de extracción y/o de craqueo, los medios de inyección de fluidos gaseosos son elegidos preferiblemente entre los inyectores de varilla de pulverización y los anillos de dispersión.

Para una mejor comprensión de la invención, los dibujos adjuntos muestran de forma esquemática los dispositivos de extracción de la técnica anterior comparados con los dispositivos de la invención, los cuales se proporcionan a título ilustrativo pero no limitativo de la invención.

La figura 1 comprende tres modos de realización de un desacoplador/extractor para la separación de catalizador coquificado/efluentes de craqueo procedentes del reactor principal y para la extracción, modos A, B y C:

Modo A es una unidad de FCC clásica cuyo extractor del acoplador/extractor está equipado de partes internas denominadas "*disc and donuts*": esta tecnología muestra limitaciones hidráulicas cuando el flujo del catalizador se hace demasiado importante o fenómenos de embotellamiento, similares a lo que pueden ocurrir en columnas de destilación.

Modo B describe como A el extractor del desacoplador/extractor pero en el cual se introducen elementos estructurados de tecnología descrita en las patentes citadas en la presente descripción: en una disposición clásica, estas partes internas, permiten operar con flujos de catalizador muy elevados a la vez que se conserva una muy buena eficacia de extracción. Cada compartimento comprende al menos un elemento estructurado o "*packing*" y un anillo para la distribución del gas colocado aguas arriba del revestimiento.

Modo C es un dispositivo según la invención dispuesto en el seno del extractor del desacoplador/extractor.

La figura 2 detalla un modo de realización de C según la invención.

Las figuras 3 y 4 detallan un compartimento de craqueo en el cual solamente una parte del espacio de craqueo está llena de un revestimiento estructurado.

Las figuras 5a, 5b y 5c describen las diferentes modificaciones realizadas en el extractor del desacoplador/extractor de una planta piloto de craqueo catalítico que soporta a la demostración del ejemplo II posterior.

En la figura 1, el modo C representa el extractor del desacoplador/extractor que contiene varios compartimentos. Cada compartimento presenta una funcionalidad diferente. En este caso hay 3 compartimentos (1), (2) y (3) representados en el mismo extractor. El primer compartimento (1) denominado de extracción previa permite eliminar parcialmente o totalmente los hidrocarburos atrapados en el catalizador a la salida del desacoplador, un compartimento (2) de craqueo

en el cual se inyecta una fracción de hidrocarburo, y un compartimento (3) de extracción final, necesario para la extracción de los hidrocarburos atrapados en el catalizador antes de la regeneración del mismo en aire en el regenerador de la unidad de FCC.

- 5 Es posible introducir tantos compartimentos como se desee en el mismo extractor siempre y cuando el último compartimento de dicha disposición sea el de extracción final de vapor u otro gas inerte del catalizador con el fin de prepararlo para su regeneración reduciendo el arrastre de hidrocarburos susceptibles de aumentar la temperatura del regenerador.

- 10 En la figura 2, se describe el dispositivo según la invención y comprende tres compartimentos (1), (2) y (3) dispuestos alrededor del reactor (7) ascendente en el extractor (9) de un desacoplador/extractor de una unidad de FCC clásica, antes de la salida (8) del catalizador hacia el regenerador. El compartimento (1) es un compartimento de extracción previa, que comprende un revestimiento (4₁) estructurado que comprende una o fases múltiples de *packing* y una inyección (5₁) de vapor. El compartimento (2) es un compartimento de craqueo, que comprende un revestimiento (4₂) estructurado que comprende una o fases múltiples de *packing* y una inyección (5₂) de hidrocarburos. El compartimento (3) es un compartimento de extracción, que comprende un revestimiento (4₃) estructurado que comprende una o fases múltiples de *packing* y una inyección (5₃) de vapor.

En las figuras (3) y (4), se describe un compartimento de craqueo en el cual el revestimiento (4) no ocupa más que una parte del compartimento. En la figura (3), el revestimiento (4) estructurado no ocupa más de la mitad del compartimento sobre toda la altura del mismo. En la figura (4), es visible que el revestimiento (4) ocupa dos cuartos no próximos sobre toda la altura del compartimento de craqueo.

- 20 Las figuras 5(a), 5(b) y 5(c) simulan el extractor en el desacoplador/extractor de una unidad de craqueo catalítica: el extractor es representado sin reciclado, en la figura 5(a), con reciclado de hidrocarburos (5) en la figura 5(b), y con reciclado de hidrocarburos (5) e introducción de un elemento (4) de revestimiento en la figura 5(c).

En el conjunto de las figuras, las mismas referencias designan los mismos elementos.

Los siguientes ejemplos pretenden ilustrar los efectos de la invención y sus ventajas, pero sin limitar el alcance.

25 Ejemplo I

El presente ejemplo contempla reproducir mediante ensayos controlados lo que pasa en un reactor de craqueo de lecho fluidizado con el fin de mejorar la ventaja de extraer previamente el catalizador coquificado con una tasa de carbono residual no nula, con el fin de restaurar una parte de su actividad antes de una nueva etapa de craqueo tal como la reivindicada en el ámbito de la presente invención.

- 30 Un catalizador referido como A (Conquest 85 de Albermarle) utilizado de forma clásica, después de la regeneración se introduce en una planta piloto de craqueo catalítico. Es una planta piloto AXE-Model R+ ("*Advanced Cracking Evaluation-research unit with automatic catalyst addition*" en francés Unidad avanzada de craqueo para la evaluación y búsqueda con adición automática de catalizador) vendido por Kayser technologies. Es una herramienta que permite el ensayo selectivo de catalizadores de craqueo catalítico de lecho fluidizado, la evaluación de cargas y el seguimiento técnico de los rendimientos de las unidades industriales.

- 40 Este catalizador regenerado con una tasa de carbono residual nula, sufre una operación de craqueo catalítico en una planta piloto de FCC en lecho fluidizado. Una carga clásica de tipo destilado al vacío (DSV) muy parafrínico es inyectado en el lecho fluidizado a una temperatura de reacción de 520 °C, las condiciones de craqueo son tales que la relación de masa de catalizador con respecto a carga (R) es de 5. Se realiza un primer craqueo de la carga en el catalizador A regenerado; se realiza un segundo craqueo cuando el catalizador utilizado es el que se recupera después de la primera etapa de craqueo; será referido con B. Al final de esta segunda etapa de craqueo, el catalizador B es extraído para dar el catalizador C que será utilizado en una tercera etapa de craqueo de la misma carga.

- 45 Todos los resultados son recogidos en la tabla I siguiente: la primera columna proporciona los rendimientos obtenidos para el primer craqueo de la carga sobre el catalizador A perfectamente regenerado, la segunda columna proporciona los rendimientos obtenidos con el catalizador B (catalizador A coquificado durante el primer craqueo) y la tercera columna proporciona estos rendimientos con el catalizador C (catalizador A coquificado durante el primer craqueo y que haya sufrido una extracción anterior).

Tabla I

	Catalizador A	Catalizador B	Catalizador C
H2- C2	1,26	1,34	1,01
C3=	4,90	2,10	4,14
C3(todos)	5,78	2,50	4,79
iC4	3,71	0,73	1,81
nC4	0,71	0,21	0,42
iC4=	1,75	1,03	1,81
C4 (todos)	10,17	3,67	7,05
GPL	15,95	6,17	11,85
PI-160 °C	34,94	15,58	27,65
160-221 °C	11,57	7,03	9,59
Gasolina C5-221 °C	46,51	22,62	37,25
LCO 221-360 °C	11,07	14,92	11,95
Residuo de fondo 360⁺	22,72	54,64	36,16
Coque	2,49	0,40	1,78
Coque Delta	0,50	0,08	0,36
Conversión -221 °C	66,21	30,43	51,89
Conversión líquida*	73,53	43,71	61,04
R	5,00	5,00	5,00
*conversión líquida = GPL+ gasolina +LCO			

Se constata que la conversión estándar pasa de cerca de un 44 % para el catalizador coquificado no extraído (B) a un 61 % para el catalizador coquificado pero extraído (C). Sin embargo permanece inferior al nivel de conversión líquida alcanzado por el catalizador perfectamente regenerado (A), que es en este caso de un 73,5 %. La eliminación de hidrocarburos residuales presentes en los intersticios del catalizador o incluso en los espacios intergranulares tiene por tanto permiso para restaurar de manera significativa la actividad catalítica del catalizador (C) o (A coquificado y después extraído).

Los resultados de estos ensayos muestran claramente el interés de extraer después de una primera etapa de craqueo con el fin de su utilización para una nueva etapa de craqueo, incluso si este último presenta un contenido de carbono o de coque residual importante, en este caso de un 0,5 %.

Ejemplo 2

El presente ejemplo contempla demostrar la ventaja que tiene utilizar una parte interna de tipo *packing* con el fin de aumentar el craqueo en el desacoplador/extractor de un lecho fluidizado cuando se recicla un hidrocarburo en presencia de dicha parte interna, dicha parte interna que mejora el contacto entre la fase gaseosa y la sólida fluidizada.

Los ensayos se han realizado en una planta piloto fluidizada continua y adiabática, representativo de una unidad industrial de craqueo catalítico. Esta planta piloto está equipada con los mismos equipos que una unidad industrial. Esta unidad comprende un tubo vertical por debajo del cual se inyecta la carga a craquear como un desacoplamiento/extracción para separar en un primer momento los gases craqueados del catalizador y después para extraer el catalizador coquificado, un regenerador para quemar el coque presente en el catalizador que llega del desacoplador/extractor con el fin de restaurar la actividad antes de su retorno hacia el extremo inferior del tubo vertical. La etapa de regeneración se puede hacer en una o dos etapas.

El desacoplador/extractor, representado en la figura 5a, ha sido modificado para permitir el reciclado de un hidrocarburo (referencia 5 en las figuras 5b y 5c) y su craqueo sobre el catalizador coquificado depurado por desorción o no, con el fin de apreciar su capacidad de craqueo en diferentes condiciones. Las figuras 5a, 5b y 5c comprenden un reactor (7) ascendente conectado en su parte superior a un desacoplador/extractor (9) que comprende en su extremo superior una parte cónica para la recepción del catalizador coquificado y un conducto (10) de evacuación para la evacuación de los efluentes de craqueo de la carga inyectada a nivel del reactor, y en su extremo inferior una parte cilíndrica que contiene el lecho de catalizador coquificado de altura H, que comprende un inyector (6) de gas para la extracción de los granos de catalizadores coquificados que serán dirigidos hacia el regenerador. En la figura 5b, se ha

añadido un inyector (5) de gasolina para el reciclado de gasolina en el lecho de catalizador coquificado: en la figura 5c, se ha añadido un elemento (4) de revestimiento por encima de la inyección (5) de gasolina para mejorar el contacto gasolina/catalizador coquificado.

Las condiciones de funcionamiento son las siguientes:

- 5 - régimen de carga nueva inyectado en la base del reactor (7) ascendente = 5,5kg/h
- Temperatura de precalentamiento de la carga nueva = 200 °C
- Temperatura de reacción en la parte superior del tubo vertical = 510 °C
- Caudal de aire ajustado al regenerador para obtener un exceso de O₂ de 2 % en volumen
- 10 - Caudal de nitrógeno de extracción = 450 NI/h sin inyección de gasolina y de 400NI/h de en presencia de gasolina (5) inyectada en la parte inferior del desacoplador/extractor.
- La alimentación de catalizador se ajusta para equilibrar el balance térmico. Para todos nuestros ensayos, se mantuvo constante y cercana a 45kg/h
- caudal de inyección (5) de gasolina en la parte inferior del desacoplador/extractor = 1l/h
- 15 - no hay más que un único elemento de revestimiento de tipo *packing* para promover el contacto entre el gas (6)+(5) ascendente en el extractor y el sólido descendente.

El catalizador utilizado es idéntico al catalizador utilizado en el ejemplo I. Su actividad catalítica MAT ha sido medida a un 67 % para una superficie activa de 125m²/g. Este catalizador no comprende aditivo potenciador de GLP a base de ZSM5.

- 20 La carga nueva inyectada en la base del reactor (7) es un destilado al vacío con antelación de fracción de destilación de temperatura comprendido entre 350 y 550 °C. La gasolina reciclada en el extractor en forma de líquido es una gasolina catalítica, denominada gasolina de base, de intervalo de ebullición comprendido entre 90 y 160 °C para una densidad a 15 °C de 752kg/m³.

Se realizaron varios ensayos en las configuraciones de las figuras 5b y 5c y los resultados se han recogido en la tabla II siguiente. Durante estos ensayos, son obtenidos balances de materia entre un 97 y un 102 %.

25 Tabla II

Configuración	5b	5c
Producto reciclado	Gasolina de base	Gasolina de base
H ₂	0,25	0,21
C ₁	1,38	1,25
H ₂ S	0,01	0,01
C ₂	1,53	1,41
C ₂ =	0,94	0,84
Gases Secos H ₂ -C ₂	4,11	3,72
C ₃	2,02	1,50
C ₃ =	2,65	6,50
iC ₄	0,16	2,40
nC ₄	0,90	0,55
C ₄ ⁼¹	0,45	0,56
iC ₄ =	1,81	3,10
C ₄ ⁼²	0,36	1,58

Configuración	5b	5c
GLP	8,34	16,19
LCN (Pi-100 °C)	14,69	16,7
MCN (100-150 °C)	42,84	37,47
HCN (150-220 °C)	13,03	11,2
TCN (i-220 °C)	70,55	65,37
LCO (220-350 °C)	8,49	7,24
DCO (350+ °C)	6,91	5,41
Coque	1,60	2,07

La capacidad de craqueo de la gasolina reciclada se estima efectuando diferencias entre los balances de materia, ponderados con antelación, realizados sin reciclado y con reciclado.

5 En ausencia del elemento de revestimiento (configuración 5b), el nivel de craqueo de la gasolina reciclada permanece relativamente bajo con una producción de GLP limitado. La introducción de un solo elemento de revestimiento (configuración 5c) permite aumentar significativamente la producción de GLP y más particularmente la de propileno (C3=).

10 Por tanto en la configuración (5b), la gasolina inyectada en forma líquida se vaporiza rápidamente formando grandes burbujas que suben muy rápidamente en el lecho, lo que limita de forma muy importante la transferencia de materia entre las dos fases (catalizador/líquido vaporizado). La utilización de un elemento de revestimiento (configuración 5C) permite por un lado reducir el tamaño de las burbujas pero "fuerza" a estas últimas a entrar en contacto con el sólido descendente, siendo por tanto más fuerte el contacto catalizador/líquido vaporizado.

Ejemplo 3

15 El presente ejemplo contempla mostrar el impacto del reciclado de la gasolina ligera y del HCO producido en el tubo vertical en el extractor con el objetivo de maximizar la producción de destilado a la vez que se conserva la producción de GLP.

20 Los datos presentados se basan en los resultados obtenidos en el laboratorio en una unidad de planta piloto adiabática en el lecho que circula similar a una unidad especial sobre una carga compuesta mayoritariamente de residuo atmosférico y un catalizador de actividad moderada (MAT~65). No es el mismo catalizador que el ejemplo 1, sin importancia. Los resultados son proporcionados en la tabla III siguiente para los diferentes mercados contemplados.

Tabla III

Configuración	Caso 1	Caso 2	Caso 3
Modo	Gasolina	Destilado	Destilado
Reciclado de extractor	No	No	Sí (LCN y HCO)
ROT (°C)	520 °C	490 °C	490 °C
H2	0,4	0,4	0,4
C1	1,3	0,8	1,1
C2	1,1	0,7	1,0
C2=	1,0	0,5	0,7
Gases secos	3,9	2,5	3,3
C3	0,9	0,7	1,0
C3=	3,7	2,0	3,4
iC4	1,4	0,9	1,4
nC4	0,5	0,4	0,5
C4=1	1,1	0,6	0,8
iC4=	1,6	1,0	1,5

Configuración	Caso 1	Caso 2	Caso 3
C4=2	3,4	1,9	2,3
LPG	11,0	6,6	9,9
LCN (Pi-150 °C)	35,0	24,0	18,4
HCN (150-220 °C)	14,0	13,5	15,9
TCN (Pi-220 °C)	49,0	37,5	34,3
LCO (220-350 °C)	18,3	23,5	26,6
Destilado (150-350 °C)	32,3	36,9	42,5
Aceite decantado (350+)	9,9	23,0	17,7
Coque	8,0	6,9	8,1

En esta tabla III, la primera columna (caso 1) muestra la estructura de rendimiento obtenido en modo gasolina para una temperatura de reacción de 520 °C y una proporción catalizador con respecto a carga nueva de 6.

5 La segunda columna (caso 2) ilustra la estructura de rendimiento en modo destilado obtenido adaptando las condiciones de funcionamiento, principalmente la temperatura de reacción (disminución de 520 °C a 490 °C), que permite aumentar la producción de destilado (fracción HCN/gasolina pesada+LCO/destilado) pero conduce a una pérdida de GLP y a un aumento de las fracciones de aceite decantado (HCO/350-440 °C+DCO/440 °C+). Sin embargo, la producción de coque se reduce del mismo modo lo que permite reciclar una parte de los hidrocarburos separados por fraccionamiento en el extractor.

10 La última columna (caso 3) ilustra la estructura de rendimiento después del reciclado en el desacoplador/extractor de un 60 % de la gasolina de base (100-150 °C) producida en el reactor principal y un 50 % del HCO (350-440 °C) producido del mismo modo en el reactor principal, siendo inyectada la gasolina en la primera zona de craqueo después de la extracción preliminar de los granos separados en el desacoplador y el HCO en la segunda zona de craqueo
15 después de la extracción de los granos de catalizador procedentes de la primera zona de craqueo: estas dos zonas de craqueo están equipadas de "packing" así como las zonas de extracción, y comprendidas en la última zona antes de que el catalizador no esté dirigido hacia el regenerador. En estas condiciones de craqueo a la vez a nivel del reactor principal y de las dos zonas de craqueo acondicionadas en la parte del extractor del desacoplador/extractor, las cantidades recicladas permiten aumentar la producción de GLP hasta un volumen próximo al del modo de gasolina (caso 1), a la vez que se reduce a la mitad la cantidad de gasolina ligera y se aumenta la cantidad de destilado un 30
20 % con respecto al modo de gasolina. El rendimiento de coque es por tanto mantenido con respecto al obtenido en un modo de gasolina sin imponer la restricción suplementaria en la zona de regeneración. El reciclado permite del mismo modo disminuir un 30 % la cantidad de aceite decantado (350+) producido pero no permite sin embargo reducir esta cantidad hasta el nivel de producción obtenido en modo de gasolina. Además, el rendimiento en el aceite decantado es inferior al obtenido en el modo destilado sin reciclado hacia el desacoplador/extractor (caso 2).

25

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de craqueo catalítico clásico en lecho fluidizado que comprende:

- una etapa de reacción de una carga de hidrocarburo sobre un lecho de catalizador ascendente o descendente,
- una etapa de desacoplamiento/extracción de los granos de catalizador coquificados con los efluentes craqueados,
- una etapa de regeneración, en una o varias fases, de los granos de catalizador coquificados, los granos de catalizador regenerados recuperados a la salida que son reenviados a la entrada del lecho fluidizado de la etapa de reacción,

integrando dicho procedimiento de craqueo catalítico clásico en lecho fluidizado, en la etapa de desacoplamiento/extracción, un procedimiento de craqueo y de extracción de fases múltiples de una mezcla fluidizada de hidrocarburos y de granos de catalizador coquificados que comprende al menos una etapa de craqueo y una etapa de extracción después de la separación de los granos del catalizador coquificados y de los efluentes craqueados,

caracterizado porque:

- dicho procedimiento de craqueo catalítico clásico en lecho fluidizado funciona en modo de maximización de destilado,
- dicho procedimiento de craqueo y de extracción de fases múltiples comprende al menos dos etapas de craqueo de al menos un fluido de hidrocarburo sobre los granos de catalizador coquificados separados, seguidas de al menos dos etapas de extracción de estos granos, cada etapa de craqueo que precede a una etapa de extracción, siendo asegurada la división de los granos en las diferentes etapas de craqueo y según sea el caso de extracción del procedimiento de craqueo y de extracción de fases múltiples, por medio de al menos un elemento de recubrimiento estructurado de tipo *packing*,
- se inyecta en la primera etapa de craqueo al menos un hidrocarburo elegido entre la gasolina producida o cualquier fluido de temperatura de ebullición inferior o igual a 220 °C y en la segunda etapa de craqueo de los productos con un punto de ebullición superior a 350 °C, de tipo HCO o aceite decantado, recuperados al nivel de la etapa de fraccionamiento de los hidrocarburos del procedimiento de craqueo catalítico en lecho fluidizado.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** al menos un fluido de hidrocarburo es inyectado sobre los granos de catalizador coquificados por medio de inyectores en el transcurso de cada etapa de craqueo del procedimiento de craqueo y de extracción de fases múltiples, mientras que la extracción de los granos de catalizadores coquificados es efectuada en el transcurso de cada etapa de depuración por desorción del procedimiento de craqueo y de depuración por desorción de fases múltiples, por un fluido de depuración por desorción, inyectado a contracorriente de los granos de catalizador utilizados en la etapa anterior.

3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado porque** comprende aguas arriba de la primera etapa de craqueo del procedimiento de craqueo y de extracción de fases múltiples, una etapa de extracción previa del catalizador consistente en barrer a contracorriente el flujo de los granos de catalizador coquificados que provienen de la etapa de separación por un fluido de extracción inyectado a contracorriente de dicho flujo.

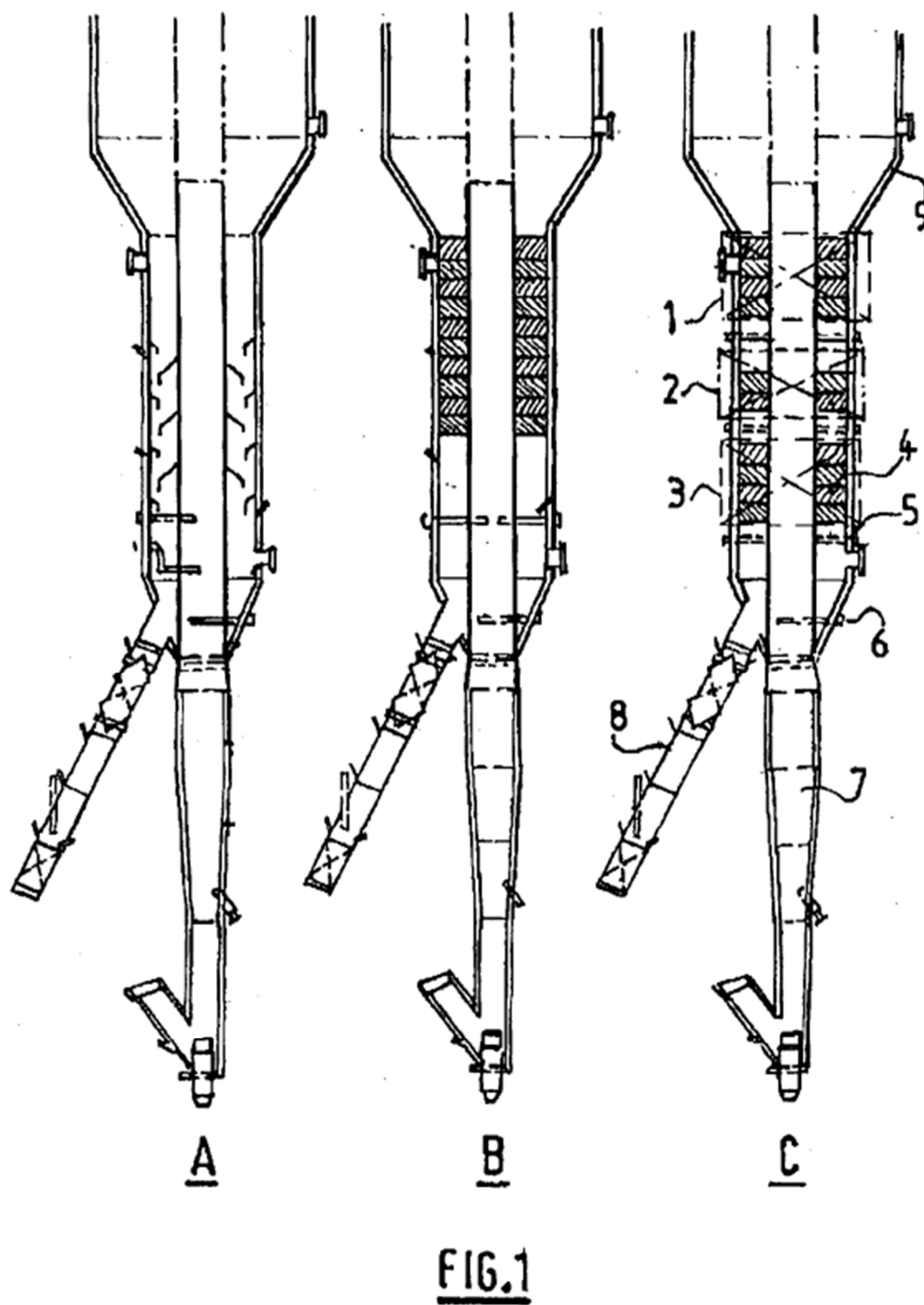
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** dos etapas de craqueo se intercalan entre dos etapas de extracción del procedimiento de craqueo y de extracción de fases múltiples.

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** las etapas de extracción del procedimiento de craqueo y de extracción de fases múltiples comprenden una inyección de gas constituido mayoritariamente de vapor de agua y las etapa(s) de craqueo del procedimiento de craqueo y de extracción de fases múltiples, una inyección de una fracción de hidrocarburo reciclado que contiene al menos un 5 % de vapor de agua.

6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** las etapas de craqueo del procedimiento de craqueo y de extracción de fases múltiples comprenden una inyección de al menos un reciclado de hidrocarburos que comprende la gasolina producida o cualquier fluido de temperatura de ebullición inferior o igual a 220 °C y/o productos de tipo HCO o aceites decantados, recuperados al nivel de la etapa de fraccionamiento de los hidrocarburos del procedimiento de craqueo catalítico en lecho fluidizado y/o los productos que provienen de otras unidades de refinado, en particular de unidades de hidrocrqueo, de biomasa y/o de cargas paraafínicas, de forma ventajosa los hidrocarburos para el reciclado pueden ser elegidos entre las olefinas en C₆ y C₇ y los oligómeros de temperatura de ebullición inferior a 220 °C que resultan de la polimerización de las olefinas de C₂ a C₅.

7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** se inyectan hidrocarburos de la misma naturaleza en etapas de craqueo diferentes del procedimiento de craqueo y de extracción de fases múltiples o hidrocarburos de naturaleza diferente a cada una de las etapas de craqueo del procedimiento de craqueo y de extracción de fases múltiples o incluso hidrocarburos de naturaleza diferentes de forma conjunta en un mismo compartimento de una misma etapa de craqueo del procedimiento de craqueo y de extracción de fases múltiples.

8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el procedimiento de craqueo y de extracción de fases múltiples comprende una sucesión de etapas de craqueo y de extracción, que comprenden una etapa inicial de extracción previa, de forma ventajosa, las etapas de craqueo y de extracción se intercalan entre sí, siendo la primera etapa siempre una fase de craqueo precedida de una etapa inicial de depuración por desorción previa, la última una fase de depuración por desorción.
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el catalizador utilizado está compuesto de un catalizador convencional que contiene hasta un 15 % en peso de al menos un aditivo que favorece el craqueo de olefinas por tanto al menos un aditivo a base de ZSM5.
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el procedimiento de craqueo y de extracción de fases múltiples implementa un dispositivo de separación y de extracción que comprende una capacidad denominada desacoplador/extractor, dispuesto aguas abajo de un reactor (7) principal que contiene el lecho fluidizado de una unidad de craqueo catalítico en lecho fluidizado, esta capacidad que comprende un desacoplador para la separación centrífuga y/o balística de los granos de catalizador y de los hidrocarburos resultantes de la reacción de craqueo, y un extractor para la extracción de los granos de catalizador (9) dispuesto aguas arriba de la salida (8) del catalizador, y **porque** el extractor comprende al menos cuatro compartimentos, al menos dos compartimentos de craqueo (2) y al menos dos compartimentos de depuración por desorción (3), que comprende cada uno en su base al menos un medio de inyección de fluidos (5) gaseosos, equipados de elementos de revestimientos estructurados o *packing*, estos elementos que ocupan la totalidad o parte de la sección de dicho compartimento.
11. Procedimiento según la reivindicación 10, **caracterizado porque** el extractor comprende al menos un compartimento de extracción previa (1) de los granos de catalizador situado aguas arriba del primer compartimento de craqueo, equipado de al menos un medio de inyección de un fluido de extracción y según sea el caso de al menos un elemento de revestimiento estructurado o no.
12. Procedimiento según una de las reivindicaciones 10 y 11, **caracterizado porque** el extractor comprende una pluralidad de compartimentos de craqueo y de extracción intercalados, equipados de al menos un medio de inyección de fluidos gaseosos, los volúmenes de la totalidad de los compartimentos de craqueo y de extracción que se corresponden respectivamente a de un 25 a un 65 % y de un 35 a un 75 % del volumen de la zona de extracción.
13. Procedimiento según una de las reivindicaciones 11 y 12, **caracterizado porque** el compartimento de la extracción previa ocupa hasta un 25 % del volumen total de la extracción.



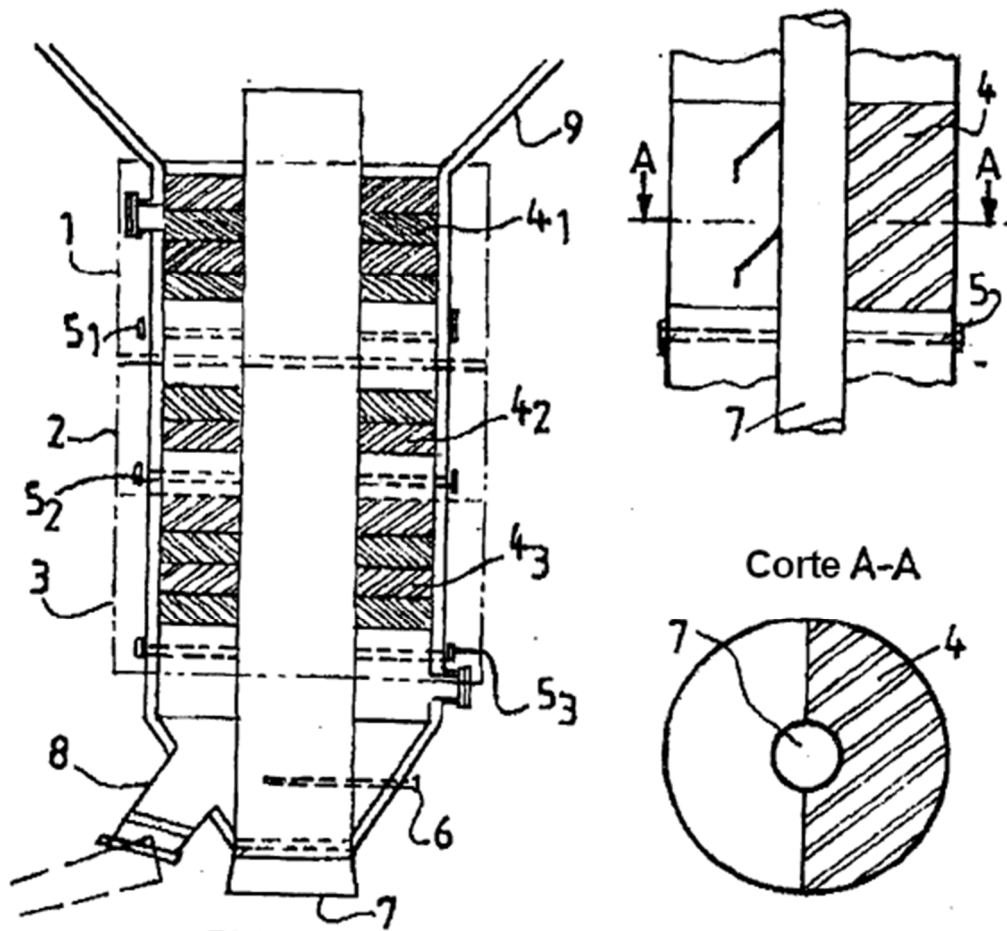
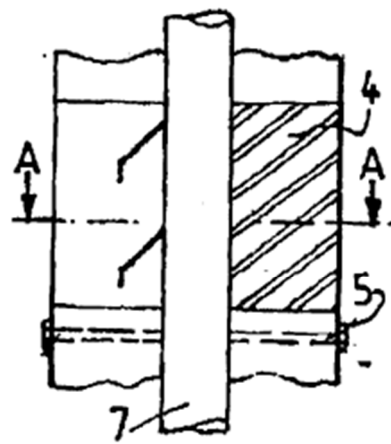


FIG. 2



Corte A-A

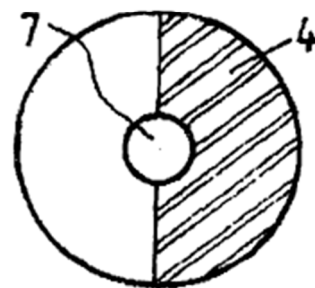


FIG. 3

Corte B-B

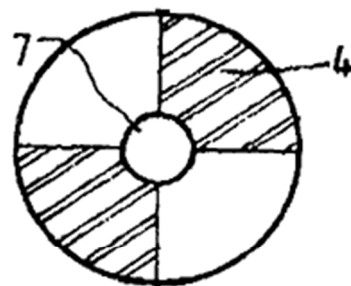
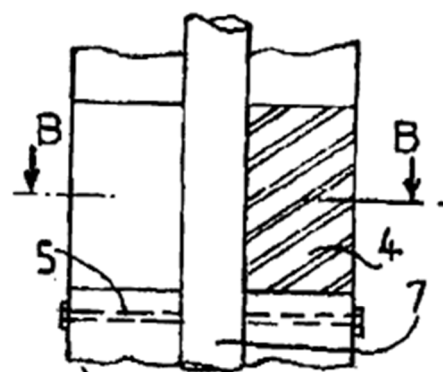


FIG. 4

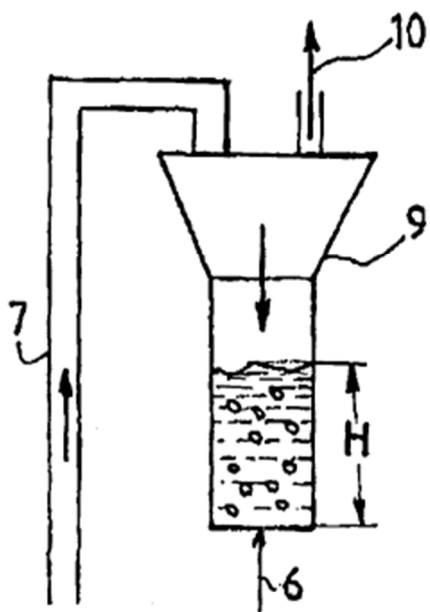


FIG. 5a

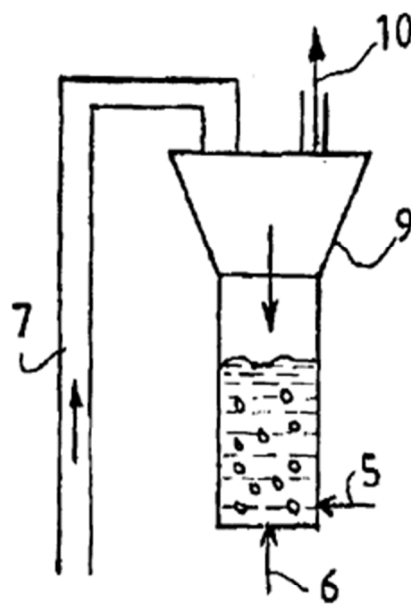


FIG. 5b

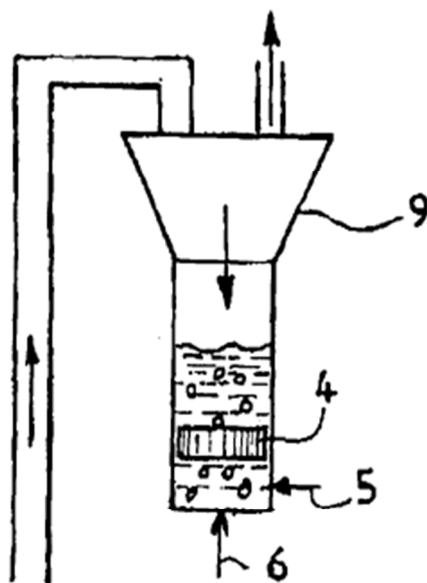


FIG. 5c