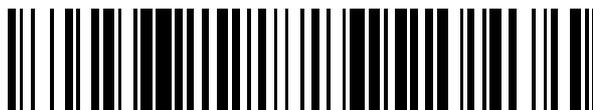


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 709 060**

51 Int. Cl.:

C10G 11/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.12.2014** **E 14307120 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.10.2018** **EP 2894213**

54 Título: **Procedimiento de craqueo catalítico que permite una valoración mejorada de las calorías de los humos de combustión**

30 Prioridad:

10.01.2014 FR 1450194

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

15.04.2019

73 Titular/es:

**IFP ENERGIES NOUVELLES (100.0%)
1 & 4 avenue de Bois-Préau
92500 Rueil-Malmaison, FR**

72 Inventor/es:

**FEUGNET, FREDERIC;
BESNAULT, JEAN-MICHEL y
BRIOT, PATRICK**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 709 060 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 catalítico que permite una valoración mejorada de las calorías de los humos de combustión

Ámbito de la invención

5 La presente invención se sitúa en el ámbito del craqueo catalítico de fracciones petrolíferas. La unidad de craqueo catalítico de una refinería tiene por objetivo principal la producción de bases para gasolina, es decir de fracciones con un intervalo de destilación comprendido entre los 35°C y los 250°C.

10 En una unidad de craqueo catalítico (indicada por FCC), el balance térmico está asegurado por la combustión del coque depositado sobre el catalizador durante la etapa de reacción. Esta combustión tiene lugar en la zona de regeneración por inyección de aire por medio de un compresor denominado compresor principal de aire (en abreviatura MAB, abreviatura de la terminología anglo-sajona de "main air blower").

15 Habitualmente, el catalizador entra en la zona de regeneración con un contenido en coque (definido como la masa de coque sobre la masa de catalizador) comprendido entre un 0,5% y un 1%, y sale de nuevo de la indicada zona con un contenido en coque inferior al 0,01%. Durante esta etapa, se generan humos de combustión y salen de la zona de regeneración a temperaturas comprendidas entre los 640°C y los 800°C. Estos humos van a continuación en función de las configuraciones de la unidad a experimentar un cierto número de postratamientos con el fin de:

- recuperar una sección de su calor con el fin de producir vapor,
- liberarlos de las partículas sólidas llamadas finos y que proceden del catalizador,
- 20 - limpiarlos de los compuestos nitrogenados y azufrados (designados bajo los términos genéricos de NOx y SOx).

A continuación de estas etapas, los humos de combustión pueden ser emitidos a la atmósfera por una chimenea de la refinería respetando las normas medio ambientales en vigor.

El vapor producido por recuperación del calor de los humos se distribuye en tres niveles térmicos diferentes y por consiguiente en tres niveles de presión diferentes.

25 Se distingue así la producción de vapor llamada de alta presión (HP), mediana presión (MP) y baja presión (BP).

- El vapor de alta presión se sitúa generalmente dentro de una gama de temperaturas comprendida entre los 380 y 450°C para un margen de presión entre 45 y 100 bares (1 bar =10⁵ Pa).
- El vapor de presión mediana se encontrará más bien dentro de un margen de temperaturas de 220 a 350°C para una gama de presión entre los 15 y 40 bares.
- 30 - El vapor de baja presión en cuanto al mismo se sitúa dentro de una horquilla de temperaturas más bajas comprendida entre los 170 y 250°C para un nivel de presión comprendido entre 2,5 y 10 bares.
- Estas horquillas pueden variar sustancialmente en función de la refinería considerada y de su red de utilidades.

35 El vapor de alta presión de nivel térmico más elevado es el más buscado en la medida en que permite ser una fuente de calor caliente para una mayor gama de flujos del procedimiento, más que el vapor de presión mediana, así mismo más interesante que el vapor de baja presión cuyas salidas quedan limitadas en la refinería por su bajo nivel térmico limitando así su utilización como fuente caliente.

40 La carga de una unidad de FCC está generalmente constituida por un hidrocarburo o por una mezcla de hidrocarburos conteniendo esencialmente (es decir al menos un 80%) moléculas cuyo punto de ebullición es superior a los 340°C. Esta carga principal contiene además cantidades de metales (Ni+V) limitadas, en concentración generalmente inferior a 50 ppm, preferentemente inferiores a 20 ppm, y un contenido en hidrógeno en general superior al 11% en peso, típicamente comprendido entre un 11,5% y un 14,5%, y preferentemente comprendido entre un 11.8% y un 14% en peso.

45 El contenido en Carbon Conradson de la carga (indicado por CCR en abreviatura y definido por la norma ASTM D 482) proporciona una evaluación de la producción de coque en el transcurso del craqueo catalítico. En función del contenido en Carbon Conradson de la carga, el rendimiento en coque necesita un dimensionamiento específico de la unidad para satisfacer el balance térmico.

50 Así, cuando la carga presenta un CCR que conduce a un contenido en coque superior al requerido para asegurar el balance térmico, el excedente de calor debe ser evacuado. Esto puede realizarse, por ejemplo, y de forma no exhaustiva, mediante la instalación de un catcooler, intercambiador bien conocido del experto en la materia, que realiza un enfriamiento externo de una fracción del catalizador contenido en el regenerador por intercambio con agua, conduciendo así a la producción de vapor de alta presión.

A la inversa, en algunos casos, particularmente con las cargas ligeras de tipo nafta, la carga tratada en la unidad FCC presenta una falta de coque, y el balance térmico debe ser completado mediante aporte de una fuente de calor

complementaria. Esto puede realizarse de diferentes maneras conocidas por el experto en la materia, como por ejemplo el aumento del precalentamiento de la carga, que conduce a un aumento del tamaño del horno de precalentamiento y del consumo de la utilidad asociada, o por el aporte a nivel del generador de una fracción procedente del FCC con fuerte potencial de coque, llamada fracción coquificante que es generalmente la fracción "slurry", es decir una fracción 360°C+ con dominante aromático, o cualquier fracción hidrocarbonada tal como fuel oil No. 2 o fuel doméstico.

Este reciclado de una fracción "slurry" o de una fracción fuel No. 2 en el regenerador es problemático pues, teniendo en cuenta las temperaturas que reinan en el regenerador, del orden de los 650°C a los 750°C, una sección de este reciclo se vaporiza formando gases craqueados que se encontrarán en la fase diluida del generador corriendo el riesgo así de crear puntos calientes perjudiciales para el buen funcionamiento de la unidad.

Este fenómeno, llamado "afterburning", puede definirse como una reanudación de la combustión en un punto no deseado de la unidad, particularmente a la entrada del ciclón.

Por otro lado, este flujo de reciclo corre el riesgo de quemarse en el lecho del catalizador formando localmente un frente de llama a temperatura elevada que hace experimentar al catalizador fuertes temperaturas locales (puntos calientes). Estas fuertes temperaturas locales, combinadas con la presencia de vapor de agua fragilizan la parte activa del catalizador (zeolita) y desactivan así su función craqueadora.

Las fracciones pesadas tratadas en el FCC pueden particularmente provenir de la destilación atmosférica, de la destilación a vacío, de la unidad de hidroconversión, de la unidad de coquificación, de la unidad de hidrotratamiento o de desalfaltado, pero tener también un origen de tipo biomasa como por ejemplo los aceites vegetales o la celulosa.

El interés de la presente invención consiste en precalentar el aire de combustión a la salida del compresor principal de aire (MAB) con los humos de combustión.

Esta realización particular permite así transferir una parte de la producción de vapor de baja presión (BP) en vapor de alta presión (HP) y/o limitar las utilidades del procedimiento tales como el fuel oil o gas combustible o fracción coquificante, mejorando así la eficacia energética de la unidad.

Examen de la técnica anterior

La cadena de intercambio de calor en los humos de combustión tomados a la salida del regenerador de una unidad de craqueo catalítico comprende clásicamente una caldera de generación de vapor llamada caldera de recuperación ("waste heat boiler") y un intercambiador llamado economizador que permite generar vapor a baja presión y agua sobrecalentada.

- La patente US 3,769,203 describe el precalentamiento de la carga a la temperatura requerida antes de su introducción en el riser.
- La patente US 7,491,315 describe un precalentamiento indirecto de la carga por los humos procedentes del regenerador.
- Las patentes US 3,838,038 y US 6,558,531 describen un aumento de la temperatura del catalizador en la línea de transferencia que conduce al stripage en el regenerador.
- El documento US 2009/035191 A1 describe un procedimiento de craqueo catalítico que comprende una sección de recuperación de los productos que permite separar los efluentes gaseosos, encontrándose el regenerador en comunicación con la indicada sección de recuperación de los productos. La enseñanza de D1 es muy vaga y no permite encontrar el posicionamiento muy particular del intercambiador (AHP) en los humos de combustión según nuestra invención.

Descripción resumida de la figura

La figura 1 representa el tren de intercambio de calor de los humos de combustión según la técnica anterior, así como el circuito de aire de combustión hasta su entrada en el regenerador.

Los humos de combustión dejan el regenerador (REG) y entran en la caldera de recuperación (WHB) que permite generar vapor a alta presión sobrecalentado (HPSH) a partir de agua de alimentación bajo presión (HPBFW) y vapor a presión mediana sobrecalentado (MPSH) a partir de vapor de presión mediana (MPS).

Los humos entran seguidamente en el precipitador electrostático (ESP) luego en un intercambiador llamado "economizador" que produce vapor a baja presión sobrecalentado (LPSH) a partir de agua a baja presión (LPBFW) y de agua a alta presión sobrecalentada (HPBFW) a partir de agua a alta presión.

En la figura 1 se ha representado igualmente el intercambiador sobre sólido fluidizado llamado "cat cooler" que permite generar vapor a alta presión (HPS) a partir de agua a alta presión (HPBFW).

La figura 2 representa el tren de intercambio de calor en los humos de combustión según la invención.

El nuevo intercambiador es indicado por APH. Permite precalentar el aire de combustión río abajo del compresor (MAB) por medio de los humos tomados entre el precipitador electrostático (ESP) y el economizador (ECO). El resto del esquema es idéntico al de la figura 1.

Descripción resumida de la invención

5 La presente, descrita por la reivindicación 1, se refiere esencialmente a un nuevo intercambio térmico en la línea de recuperación del calor de los humos de combustión. Este intercambio se realiza entre los humos del regenerador tomados río abajo de la caldera de recuperación (llamada "weast heat boiler" en la terminología anglo sajona del experto en la materia e indicada por WHB), y río arriba o río abajo del eliminador de polvo electrostático (ESP) por una parte, y el aire de combustión río abajo del compresor por otra parte. De preferencia, el nuevo intercambio
10 térmico se realiza sobre los humos de combustión tomados entre el precipitador electrostático (ESP) y el intercambiador llamado economizador (ECO).

Este intercambio térmico se realiza por medio de un intercambiador que puede ser de cualquier tipo conocido por el experto en la materia tal como un intercambiador de placas, o un intercambiador de tubos estructurados o también un intercambiador de tipo rotativo.

15 La temperatura del aire de combustión río abajo del compresor y dentro de los esquemas de la técnica anterior una resultante entre la temperatura ambiente y el factor de compresión necesario para llevar el aire a la presión del regenerador. Esta temperatura se sitúa generalmente entre los 110°C y los 300°C, preferentemente entre los 150-250°C. Con el nuevo intercambio térmico según la invención, el aire de combustión es llevado entre los 200 y los 350°C y preferentemente entre los 250°C y los 300°C.

20 Por este nuevo intercambio térmico, se transfieren las calorías llevadas por los humos del regenerador al interior mismo del regenerador por mediación del aire de combustión entrante.

Estas calorías se encuentran de nuevo así a alto nivel térmico, situándose la temperatura del regenerador típicamente alrededor de los 700°C/800°C.

25 En el caso general de cargas relativamente coquificantes y que necesitan por consiguiente la colocación de un intercambiador externo que funcione en un circuito de derivación del catalizador contenido en el regenerador, intercambiador llamado "cat cooler", para mantener el balance térmico del FCC, este exceso de calor es evacuado por la producción de vapor a alta presión por medio del indicado "catcooler".

30 El "cat cooler" es un intercambiador de lecho fluidizado que funciona a partir de las calorías directamente contenidas en el catalizador caliente (600°C a 700°C) en curso de regeneración y que permite producir vapor a alta presión (HPS).

Así en lugar de producir vapor a baja presión como en el economizador, la nueva disposición permite producir un suplemento de vapor de alta presión a un nivel térmico más elevado que el vapor de baja presión producido según la técnica anterior, y por consiguiente permite intercambios térmicos utilizando este vapor de alta presión como fuente caliente, bastante más importante que con el vapor de baja presión.

35 En el caso de cargas poco coquificantes para las cuales el balance térmico está asegurado por una fuente de calor externa (por ejemplo, fuel oil para precalentar la carga), el aporte suplementario de calor resultante del nuevo intercambio térmico según la invención permite reducir el consumo de la indicada fuente de calor externa.

40 Así en lugar de producir vapor de baja presión y de consumir fuel oil, ya no se produce vapor de baja presión pero se economiza fuel oil. En este caso, la disposición según la presente invención permite elevar el nivel térmico de la utilidad generada con relación al esquema de integración según la técnica anterior.

En resumen, la disposición según la presente invención permite valorizar mejor el calor de los humos de combustión produciendo una utilidad con un nivel térmico más elevado y por consiguiente más fácilmente valorizable que según el esquema de la técnica anterior.

45 De forma más precisa, la presente invención puede ser vista como un procedimiento de craqueo catalítico de fracciones pesadas de tipo VGO o residuo atmosférico, de Carbon Conradson que va del 0,1 (incluso mismo a un valor inferior a 0,1) a valores superiores al 0,4 y preferentemente superior a 0,5, procedimiento que utiliza una unidad de craqueo catalítico en lecho fluidizado que comprende una sección de reacción en corriente ascendente o en corriente descendente, y una sección de regeneración del catalizador que consiste en una combustión del coque depositado sobre el catalizador en la sección de reacción por medio de aire de combustión, caracterizándose el
50 indicado procedimiento por que el mencionado aire de combustión se precalienta a una temperatura comprendida entre los 200 y los 350°C y preferentemente entre los 250°C y los 300°C por medio de un intercambio de calor en los humos de regeneración tomados río abajo de la caldera de recuperación y río arriba del economizador, humos de combustión disponibles en esta localización a una temperatura comprendida entre los 300°C y los 650°C, convirtiéndose el excedente de calorías aportadas por el aire de combustión en vapor de alta presión HP
55 comprendida entre 45 bares y 100 bares, y preferentemente comprendida entre 50 y 70 bares, a nivel del intercambiador externo sobre catalizador caliente sacado del regenerador llamado "cat cooler".

La unidad de craqueo catalítico puede funcionar tanto en corriente ascendente (llamada "riser" en la terminología anglo sajona) como en corriente descendente (llamada "dropper" en la terminología anglo sajona).

- Cuando la unidad de craqueo catalítico funciona en corriente ascendente, las condiciones operativas son las siguientes, tanto para el caso a) como para el caso b):

- 5
- Temperatura en la salida del riser comprendida entre los 520°C y los 600°C,
 - Relación C/O comprendida entre 6 y 14, y preferentemente comprendida entre 7 y 12,
 - Tiempo de residencia comprendido entre 1 y 10 s, y preferentemente comprendido entre 2 y 6 s.

- Cuando la unidad de craqueo catalítico funciona en corriente descendente, las condiciones operativas son las siguientes:

- 10
- Temperatura de salida del reactor comprendida entre los 580°C y los 630°C,
 - Relación C/O comprendida entre 15 y 40 y preferentemente comprendida entre 20 y 30,
 - Tiempo de residencia comprendido entre 0,1 y 1 s, y preferentemente comprendido entre 0,2 y 0,7 s.

La relación C/O es la relación del caudal másico de catalizador en circulación en la unidad sobre el caudal másico de carga a la entrada de la unidad.

- 15 El tiempo de residencia está definido como el volumen del riser (m³) sobre el caudal volúmico de carga (m³/s).

Descripción detallada de la invención

La presente invención se aplica tanto a unidades de FCC que utilizan un reactor que funciona en corriente ascendente (llamado "riser" en la terminología anglosajona), como en unidades que utilizan un reactor que funciona en corriente descendente (llamado "downer" en la terminología anglosajona).

- 20 La presente invención se aplica igualmente a unidades FCC que funcionan con un solo reactor (en corriente ascendente o en corriente descendente), y a unidades FCC que funcionan con dos reactores.

La presente invención consiste en un esquema de procedimiento de craqueo catalítico que permite una mejor valorización de la recuperación del calor de los humos de combustión con el fin de maximizar la producción de vapor de alta presión y/o de limitar las utilidades de la unidad tales como (y de manera no exhaustiva) fuel oil, gas combustible, fracción aromática coquificante.

- 25 La presente invención puede definirse como un precalentamiento del aire de combustión río abajo del MAB por intercambio térmico con los humos de combustión procedentes de la regeneración y/o de otras fuentes de calorías de nivel término compatible con un intercambio con este aire de combustión.

- 30 Las calorías de los humos de combustión que salen de la sección de regeneración u otras fuentes como por ejemplo los humos del horno de la columna de destilación atmosférica, o de la columna de destilación a vacío, son transmitidas al aire de combustión por intercambio térmico convencional a la salida del compresor de aire.

Estas calorías son entonces transmitidas al catalizador en el regenerador ya que el aire de combustión y el catalizador están directamente puestas en contacto a alto nivel térmico (temperatura comprendida entre los 600°C y los 800°C).

- 35 El exceso de calor introducido por el precalentamiento del aire de combustión puede entonces convertirse en vapor de alta presión, por ejemplo, por medio de un "cat cooler" con el fin de continuar asegurando el balance térmico de la unidad. Al final, el precalentamiento del aire de combustión descrito en la presente invención permite producir más vapor a alta presión con relación a un esquema de integración de los humos de combustión convencional. Esto aparecerá mejor con la lectura de los ejemplos comparativos que siguen (ejemplos 1 y 2 y ejemplos 3 y 4).

- 40 El vapor buscado al ser vapor de alta presión con elevado nivel térmico como se ha explicado anteriormente, los humos que salen del generador servirán al máximo para producir vapor de alta presión por intercambio con agua o vapor a presión mediana.

- 45 Una vez que el nivel térmico de los humos no permite ya generar vapor de alta presión, el intercambio conmuta al aire de combustión. Por último, después del intercambio con el aire de combustión, las calorías restantes de los humos de nivel térmico inferior sirven en última etapa para generar vapor a baja presión.

El no respetar la localización precisa de esta cascada de intercambio entre los humos del regenerador y el aire de combustión no permite optimizar al máximo la producción global de vapor de alta presión y por consiguiente optimizar al máximo la eco-eficiencia del procedimiento.

Un precalentamiento del aire río arriba del compresor no presenta interés en la medida en que el caudal volúmico en

5 la aspiración de este equipamiento aumentará considerablemente lo cual tiene por consecuencia no solamente aumentar el coste del compresor, sino sobre todo aumentar el consumo de la unidad asociada para hacerlo funcionar (electricidad, vapor de alta presión...) limitando e incluso anulando completamente la ganancia energética esperada. El aporte del precalentador de aire río abajo del compresor tendrá igualmente un impacto sobre la hidráulica del circuito, pero sigue siendo bajo para observar ganancias energéticas.

El aporte suplementario de calor por medio de los humos de combustión puede igualmente permitir reducir en cierta medida el precalentamiento de la carga realizada la mayor parte del tiempo por medio de un horno que funciona con fuel oil o con gas natural, lo cual permite así reducir las utilidades del procedimiento mejorando así su eco-eficiencia.

10 El esquema según la presente invención puede igualmente ser realizado en el caso de unidad de craqueo catalítico cuyo balance térmico no puede ser asegurado únicamente por intercambio de calor entre la zona de regeneración y la zona de reacción. En este caso, el intercambio realizado entre los humos de combustión y el aire de combustión en el regenerador permite economizar la fuente de calor utilizada con el fin de conseguir el balance térmico y mejorar así la eco-eficiencia global de la unidad.

La fuente de calor economizada puede ser de forma no exhaustiva:

- 15 - el gas combustible o fuel oil en el caso en que el mejoramiento esté asegurado por un precalentamiento reforzado de la carga,
- una fracción adicional rica en compuestos aromáticos inyectada en el stripper o en una capacidad adicional del stripper, tal como se ha descrito por ejemplo en la patente US 2013/8,551,324
- 20 - la antorcha de combustible o una fracción con fuerte potencial coquificante usualmente introducida en el regenerador, evitando así los fenómenos de afterburning y de degradación del catalizador tal como se ha descrito anteriormente.

Ejemplos comparativos

25 Con el fin de ilustrar el efecto buscado por la presente invención, se ha considerado un primer ejemplo llamado "caso de base de una unidad que funciona en exceso de coque" correspondiente a una unidad de craqueo catalítico (FCC) tratando una carga que produce más coque que el requerido por el balance térmico. El excedente de calor asociado es evacuado por un catcooler con el fin de producir vapor a alta presión.

En este caso de base, la integración térmica de los humos corresponde a un esquema convencional.

El ejemplo 2 tratado corresponde a la misma unidad, pero esta vez con una integración térmica de los humos de combustión que corresponde a la puesta en práctica según la presente invención.

30 El ejemplo 3 llamado «caso de base de una unidad que funciona con coque insuficiente» ilustra el caso de referencia de un FCC cuyas condiciones operativas no permiten asegurar el balance térmico.

El balance térmico es en este caso realizado precalentando más la carga por medio de un horno que funciona con fuel oil. En este ejemplo 3, la integración térmica de los humos se realiza según un esquema convencional, la unidad no tiene evidentemente catcooler.

35 El ejemplo 4 retoma el ejemplo 3 pero con la realización según la invención.

En todos los ejemplos las condiciones de presión temperatura de los diferentes vapores generados son los siguientes:

	Presión bares g	Temperatura °C
Vapor de alta presión	44,9	385
Vapor de mediana presión	21,8	290
Vapor de baja presión	4,0	230

Ejemplo 1 (según la técnica anterior) : caso de base de una unidad que funciona con exceso de coque

40 En el ejemplo considerado, los humos llegan a una temperatura de 675°C río arriba de la caldera de recuperación con un caudal másico de 295 toneladas por hora y están sucesivamente dirigidos hacia:

1 – una unidad de generación de vapor llamada caldera de recuperación, que permite generar vapor de alta y mediana presión. Al final de esta etapa, los humos salen a 340°C.

2 – un electro precipitador con el fin de eliminar el polvo.

45 3 – un economizador 1 que permite generar vapor a baja presión y precalentar agua. Al final de esta etapa, los humos ven su temperatura pasar de los 340°C a los 200°C con el fin de mantener un nivel térmico mínimo con respecto a las presiones de las etapas río abajo de DeNOx y de DeSOx.

4 – las unidades DeSOx, DeNOx, que no afectan al nivel térmico de los humos.

5 – un economizador 2 con el fin de precalentar el agua que sirve para producir vapor a presión elevada en la caldera de recuperación.

Al final de estas diferentes etapas, los humos salen a 180°C con las propiedades siguientes:

- 5 - SO₂ < 10-20 mg/Nm³
- NO₂ < 15 mg/Nm³
- NO_x < 200 mg/Nm³
- Contenido en finos < 10 mg/Nm³

10 Con esta disposición convencional los vapores de elevada, mediana y baja presión son generados en las proporciones siguientes:

t/h	Caldera recup.	Economizador 1 -2	"Catcooler"
Vapor de elevada presión	86,8	0	Base
Vapor de mediana presión	6,2	0	0
Vapor de baja presión	0	17,8	0

El vapor de elevada presión generado por el catcooler corresponde a la cantidad de calor a evacuar del regenerador con el fin de conseguir el balance térmico de la unidad.

15 **Ejemplo 2 (según la invención): Puesta en práctica de la invención en el caso de una unidad que funciona en exceso de coque**

Este ejemplo corresponde a la disposición de la invención tal como se ha descrito en este texto con un posicionamiento del precalentador de aire de combustión río abajo del electro-precipitador.

En este último caso, los humos salen del conjunto de las etapas de postratamiento igualmente a 180°C con las mismas concentraciones en NO_x, SO_x y contenido en finos que anteriormente.

20 Por consiguiente, el esquema según la invención no afecta en nada a los rendimientos de los postratamientos que permiten llevar a las normas legales los humos con miras a descargarlos en la atmósfera.

En el esquema según la invención, la producción de vapor se reparte como sigue:

t/h	Waste Heat boiler	Economizador 1-2	"Catcooler"
Vapor de elevada presión	86,8	0	Base+6,8
Vapor de mediana presión	6,2	0	0
Vapor de baja presión	0	10,5	0

25 Según la presente invención, 6,8 toneladas de vapor a elevada presión adicionales se produjeron por transferencia de 5MW de los humos en el regenerador y esto tomando en cuenta la pérdida de carga relacionada con la presencia de este nuevo intercambiador de aire-humos. Estos 5MW son entonces convertidos en vapor a presión elevada por medio del catcooler con el fin de mantener el balance térmico de la unidad.

En otras palabras, el "cat cooler" no extrae solamente las calorías que permiten asegurar el balance térmico del FCC, sino una cantidad suplementaria de vapor a alta presión (6,8 t/h).

30 El esquema según la invención permite así indirectamente transformar vapor de baja presión poco utilizable en vapor de alta presión que presenta un fuerte valor añadido en la medida en que este vapor de alta presión se encuentra a un nivel térmico que le permite ser una fuente de calor para una gama de flujos de procedimiento más extensa que el vapor de baja presión.

35 En general, el esquema según la presente invención permite mejorar la eco-eficiencia del procedimiento. Las condiciones operativas del reactor al no modificarse, los rendimientos y selectividades de los productos siguen siendo las mismas.

Ejemplo 3 (según la técnica anterior): caso básico de una unidad que funciona con falta de coque

40 En este ejemplo, la unidad funciona en condiciones operativas que no permiten asegurar el balance térmico del sistema. En este caso, este balance térmico está asegurado aumentando la temperatura de precalentamiento de la carga por medio de un horno al precio de un gasto de fuel oil.

En esta configuración ningún catcooler es requerido en la medida en que el precalentamiento de la carga está asegurado consumiendo un mínimo de fuel oil en el horno de precalentamiento con el fin de conseguir el balance térmico.

En estas condiciones los humos entran en la caldera de recuperación esta vez a 650°C a un caudal de 230 toneladas por hora.

La temperatura y el caudal son más bajos que en el ejemplo 1 ya que una cantidad menor de coque es quemado en el regenerador.

- 5 En este ejemplo 3, los humos siguen las mismas etapas de postratamiento que en el ejemplo 1.

Así se genera vapor de elevada, mediana y baja presión en las proporciones siguientes:

t/h	Caldera recup.	Economizador 1&2
Vapor de elevada presión	71,1	
Vapor de mediana presión	6,2	
Vapor de baja presión	0	15,3

Ejemplo 4 (según la invención): Puesta en práctica de la innovación en el caso de una unidad que funciona con coque insuficiente

- 10 En este ejemplo, la integración de los humos según la invención se lleva a cabo.

Una vez más los humos salen del postratamiento en las mismas condiciones de temperatura y de composición que para el ejemplo 3.

- 15 Gracias al precalentamiento del aire de combustión 4,5 MW son transferidos en el regenerador lo cual permite reducir el consumo de fuel oil de 395 kg/h y esto tomando en cuenta la pérdida de carga adicional relacionada con la presencia del nuevo intercambiador de aire-humos.

La producción de vapor se reparte así:

t/h	Waste Heat boiler	Economizer 1&2
Vapor de alta presión	71,1	
Vapor de mediana presión	6,2	
Vapor de baja presión	0	8,8

- 20 En este caso, el esquema según la invención ha permitido indirectamente substituir 395 kg/h del fuel oil por 6,5 t/h de vapor de baja presión que no hubiera podido ser utilizado directamente para precalentar la carga con relación a su nivel térmico bajo

El esquema según la invención permite por consiguiente una mejor valoración del calor de los humos permitiendo así mejorar la eco-eficiencia del procedimiento.

De la misma manera que para el ejemplo 2, las condiciones operativas del reactor (“riser” o “downer”) al mantenerse idénticas, la innovación no afecta en ningún caso a los rendimientos y la selectividad de los productos formados.

- 25 Estos ejemplos ilustran de que manera el esquema según la invención permite transferir calorías de un nivel térmico bajo a un nivel térmico elevado permitiendo así mejorar la eco-eficiencia del procedimiento.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de craqueo catalítico de fracciones hidrocarbonadas pesadas de tipo VGO o residuo atmosférico, que utiliza una unidad de craqueo catalítico en lecho fluidizado que comprende una sección de reacción en corriente ascendente o en corriente descendente, y una sección de regeneración del catalizador que consiste en una combustión del coque depositado sobre el catalizador en la sección de reacción por medio de aire de combustión previamente comprimido en un compresor (MAB), generando la indicada sección de regeneración humos que intercambian sus calorías en una caldera de recuperación (WHB) que permite generar vapor a presión elevada sobrecalentado (HPSH) a partir de agua de alimentación bajo presión (HPBFW) y vapor de presión mediana sobrecalentado (MPSH) a partir de vapor de presión mediana (MPS), luego se introducen en un precipitador electrostático (ESP), luego un economizador (ECO) que produce vapor de baja presión sobrecalentado (LPSH) a partir de agua a baja presión (LPBFW) y de agua a presión elevada sobrecalentada (HPBFW) a partir de agua a elevada presión, utilizando el indicado procedimiento además un intercambiador que permite generar vapor HP a partir de las calorías soportadas por el catalizador en regeneración, intercambiador llamado «cat cooler», estando el procedimiento caracterizado por que el indicado aire de combustión se precalienta río abajo del compresor (MAB) a una temperatura comprendida entre 200 y 350°C y preferentemente entre 250°C y 300°C por medio de un intercambiador de calor (APH) en los humos de regeneración situado río abajo de la caldera de recuperación (WHB) y río arriba del economizador (ECO), humos de combustión disponibles en esta localización a una temperatura comprendida entre los 300°C y los 650°C, siendo el excedente de calorías aportadas por el aire de combustión convertido en vapor de elevada presión comprendida entre 45 y 100 bares, y preferentemente comprendida entre los 50 y 70 bares, a nivel del intercambiador externo sobre catalizador caliente recogido en el regenerador llamado «cat cooler».

2. Procedimiento de craqueo catalítico de fracciones hidrocarbonadas según la reivindicación 1, en el cual la unidad de craqueo catalítico funciona en corriente ascendente con las condiciones operativas siguientes:

- Temperatura en la salida del riser comprendida entre los 520°C y los 600°C,
- Relación C/O comprendida entre 6 y 14, y preferentemente comprendida entre 7 y 12,
- Tiempo de residencia comprendido entre 1 y 10 s, y preferentemente comprendido entre 2 y 6 s.

3. Procedimiento de craqueo catalítico de fracciones hidrocarbonadas según la reivindicación 1, en el cual la unidad de craqueo catalítico funciona en corriente descendente con las condiciones operativas siguientes:

- Temperatura en la salida del riser comprendida entre los 580°C y los 630°C,
- Relación C/O comprendida entre 15 y 40, y preferentemente comprendida entre 20 y 30,
- Tiempo de residencia comprendido entre 0,1 y 1 s, y preferentemente comprendido entre 0,2 y 7 s.

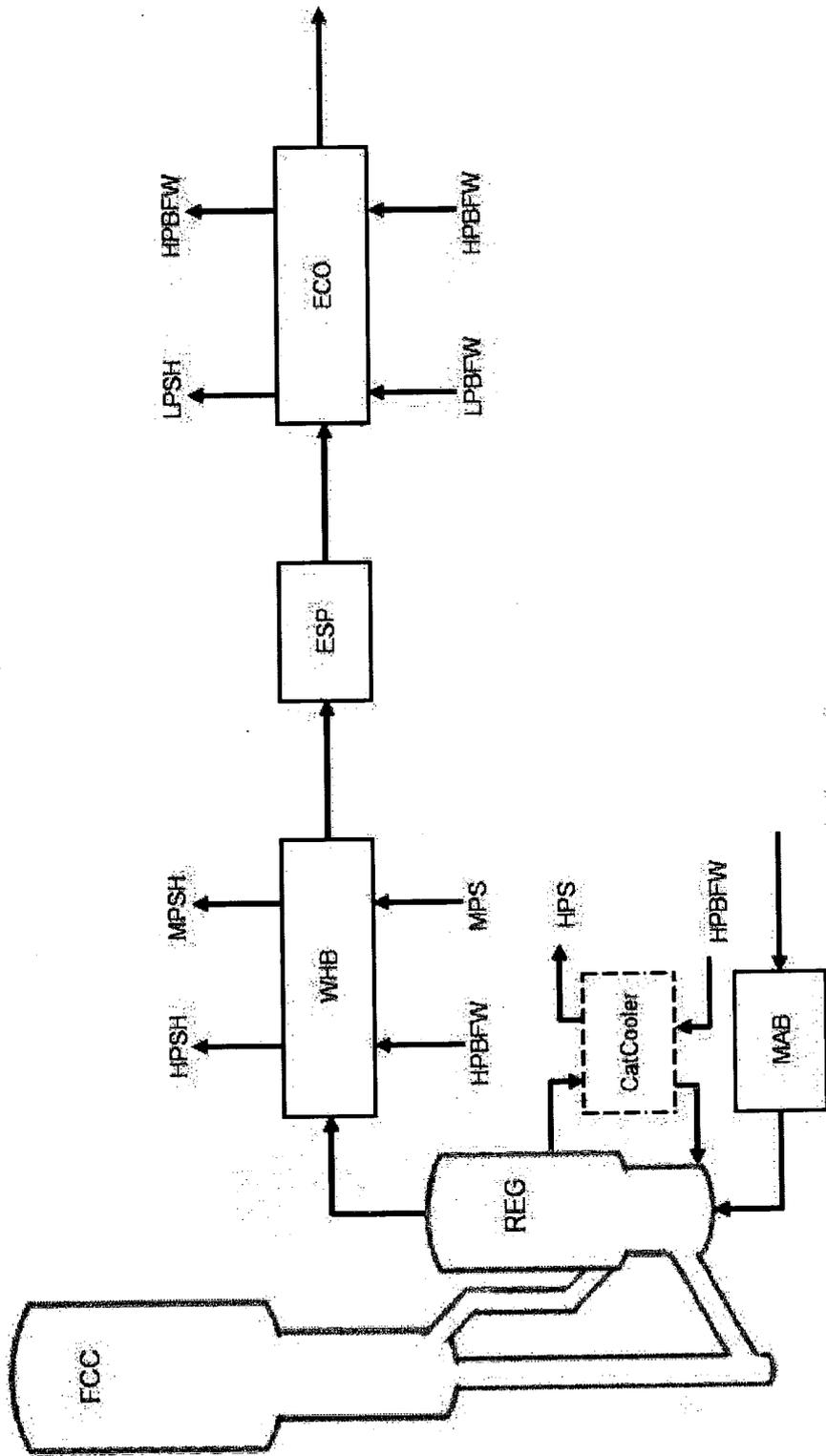


Figure 1

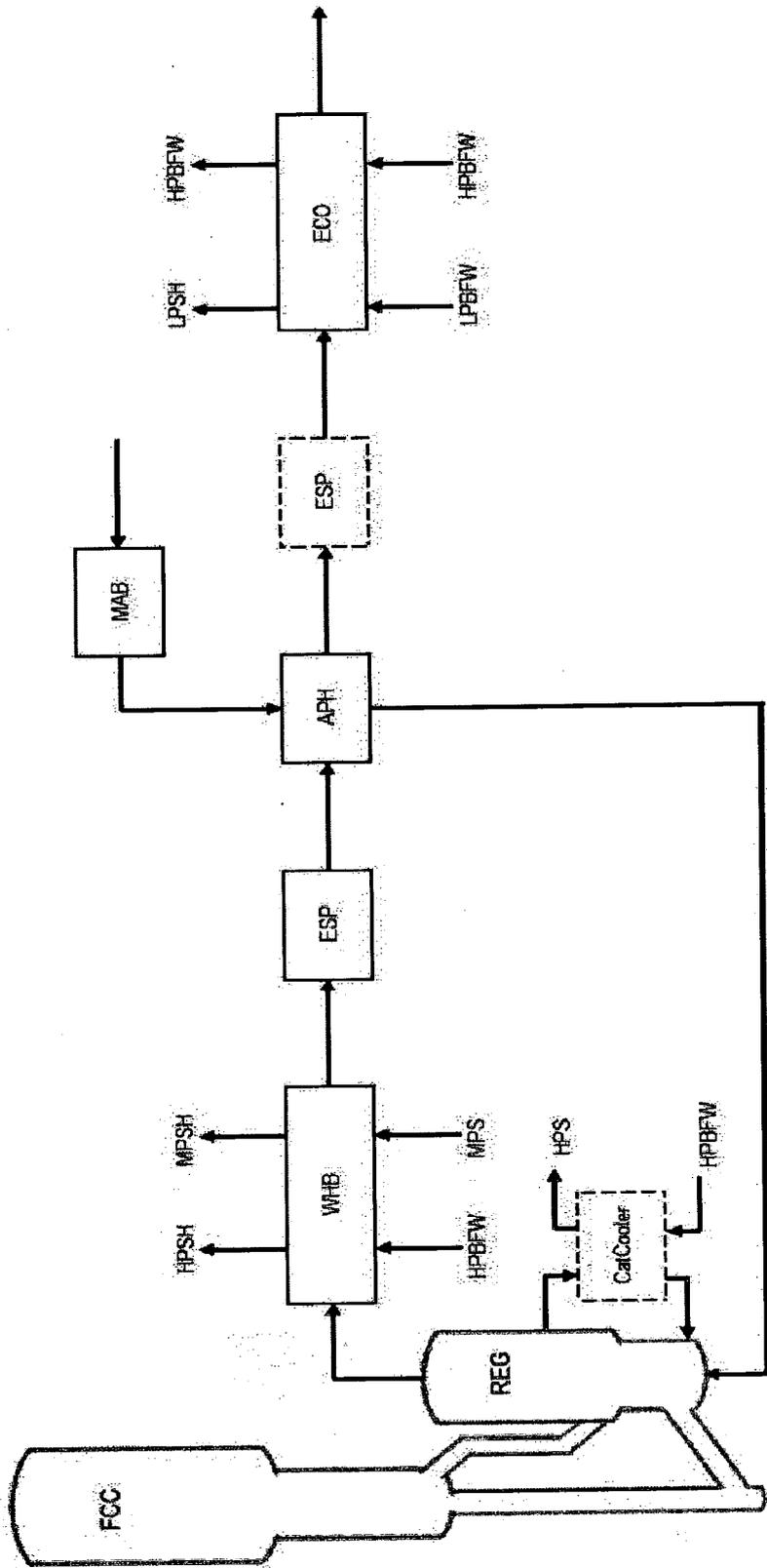


Figura 2