(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 428 153**

(51) Int. CI.:

***B01D 1/00*** (2006.01)
***C10G 31/00*** (2006.01)
***C10G 32/02*** (2006.01)
***C10G 15/08*** (2006.01)
***C10G 45/02*** (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.05.2004 E 07109853 (7)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.06.2013 EP 1844831**

(54) Título: **Tratamiento de los combustibles fósiles con energía sónica**

(30) Prioridad:

**08.05.2003 US 431666**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
**06.11.2013**

(73) Titular/es:

**CULLEN, MARK (100.0%)**
**5605 BROOKMEADOW LANE**
**RENO, NEVADA 89511, US**

(72) Inventor/es:

**CULLEN, MARK**

(74) Agente/Representante:

**MARTÍN SANTOS, Victoria Sofia**

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

Tratamiento de los combustibles fósiles con energía sónica.

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

1. Campo de la invención

Esta invención radica en el campo de los procesos químicos para el tratamiento de combustibles fósiles líquidos y los diversos tipos de productos derivados y obtenidos de estas fuentes. En particular, esta invención aborda procesos de reformación como reacciones de apertura del anillo y la saturación de dobles enlaces, para mejorar combustibles fósiles y convertir productos orgánicos en formas que mejorarán su rendimiento y ampliarán su utilidad. Esta invención también consiste en eliminar compuestos azufrados, compuestos nitrogenados, y otros componentes no deseables del petróleo y de combustibles basados en él.

2. Descripción de la técnica anterior

Los combustibles fósiles son la fuente de energía más importante y más ampliamente utilizada en el mundo, ofreciendo gran eficacia, un rendimiento probado y precios relativamente bajos. Existen muchos tipos diferentes de combustibles fósiles, que abarcan desde fracciones del petróleo hasta el carbón, arenas alquitranosas, y petróleo de esquisto, con usos que abarcan desde usos de consumidor, tales como motores automotrices y calefacción doméstica hasta usos comerciales, tales como calderas, hornos, unidades de fundición y centrales eléctricas.

Los combustibles fósiles y otras fracciones de crudo y los productos derivados de fuentes naturales contienen una serie extensa de hidrocarburos que difieren ampliamente en el peso molecular, puntos de ebullición y fusión, reactividad y facilidad de procesamiento. Se han desarrollado muchos procesos industriales para mejorar estos materiales mediante la eliminación, dilución o conversión de los componentes más pesados o de aquellos que tienden a polimerizar o, de lo contrario, a solidificar, particularmente las olefinas, los aromáticos, y los compuestos con anillos fusionados, tales como los naftalenos, indanos e indenos, antracenos, y fenantracenos. Una manera común de efectuar la conversión de estos compuestos es la saturación por hidrogenación de dobles enlaces.

Para los combustibles fósiles en particular, la necesidad de eliminar los compuestos de azufre es una preocupación creciente. El azufre de los compuestos de azufre causa corrosión en las tuberías u oleoductos y en los equipos de bombeado y refinado, el envenenamiento de los catalizadores utilizados en el refinado y la combustión de los combustibles fósiles, y el fallo prematuro de los motores de combustión. El azufre envenena los convertidores catalíticos utilizados para controlar las emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx) en los camiones y autobuses con motor diesel. El azufre también causa un aumento de las emisiones de partículas (hollín) de camiones y autobuses mediante la degradación de las trampas de partículas utilizadas en estos vehículos. La combustión del combustible azufrado produce dióxido de azufre que penetra en la atmósfera como lluvia ácida, infligiendo daños en la agricultura y la fauna, y poniendo en peligro la salud humana.

La Ley de Aire Limpio de 1964 y sus diversas enmiendas han impuesto unos niveles estándares de emisión de azufre que son difíciles y caros de cumplir. De acuerdo con la Ley, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos ha fijado un límite superior de 15 partes por millón en peso (ppmp) para el contenido de azufre en el combustible diesel, efectivo a mediados del 2006. Esto supone una reducción severa respecto al nivel estándar de 500 ppmp efectivo en el año 2000. Para la gasolina reformulada, el nivel estándar de 300 ppmp del año 2000 ha sido reducido a 30 ppmp, efectivo el 1 de enero del 2004. En la Unión Europea se han promulgado cambios similares, que harán cumplir un límite de 50 ppmp de azufre tanto para la gasolina como para el combustible diesel en el año 2005. El tratamiento de los combustibles para conseguir unas emisiones de azufre lo suficientemente bajas como para cumplir estos requisitos es difícil y caro, y el aumento que esto causa en los precios del combustible tendrá una influencia muy importante en la economía mundial.

El principal procedimiento de desulfuración del combustible fósil de la técnica anterior es la hidrodesulfuración, es decir, la reacción entre el combustible fósil y el gas hidrógeno a temperaturas y presiones elevadas en presencia de un catalizador. Esto causa la reducción del azufre orgánico a H2S gaseoso, que a continuación se oxida a azufre elemental mediante el proceso de Claus. Sin embargo, una cantidad considerable de H2S permanece sin reaccionar, con sus correspondientes peligros para la salud. Una limitación añadida de la hidrodesulfuración es que no es igualmente efectiva en la eliminación de todos los compuestos que contienen azufre. Los mercaptanos, tioéteres, y disulfuros, por ejemplo, se descomponen y se eliminan fácilmente mediante el proceso, mientras que los compuestos aromáticos del azufre, los compuestos cíclicos del azufre, y los compuestos multicíclicos condensados del azufre son menos sensibles al proceso. El tiofeno, benzotiofeno, dibenzotiofeno, otros tiofenos de anillos condensados, y las versiones sustituidas de estos compuestos, que representan hasta el 40% del contenido total de azufre en los crudos de Oriente Medio y el 70% del contenido de azufre en el crudo del oeste de Texas, son particularmente resistentes a la hidrodesulfuración.

A la luz de las deficiencias asociadas con la hidrodesulfuración, han surgido nuevos procesos, siendo el más destacado la desulfuración oxidativa, que tiene por objeto efectuar la eliminación del azufre con mayor eficacia. Esencialmente, tal proceso implica la oxidación de las especies de azufre que puedan estar presentes, generalmente a través de la utilización de un agente oxidante, tal como un hidroperóxido o un perácido, para así convertir los compuestos de azufre en sulfonas. Para facilitar tal reacción oxidativa, pueden aplicarse ultrasonidos tal como se describe en la patente estadounidense número 6.402.939 concedida a Yen et al., titulada OXIDATIVE DESULFURIZATION OF FOSSIL FUELS WITH ULTRASOUND; y en la patente estadounidense número 6.500.219 concedida a Gunnerman, titulada CONTINUOUS PROCESS FOR OXIDATIVE DESULFURIZATION OF FOSSIL FUELS WITH ULTRASOUND AND PRODUCTS THEREOF.

Ventajosamente, la desulfuración oxidativa puede llevarse a cabo bajo temperaturas y presiones moderadas, y además generalmente no requiere hidrógeno. Adicionalmente ventajoso es el hecho de que la desulfuración oxidativa requiere mucho menos, en términos de desembolso de capital, para implementarse. A este respecto, la desulfuración oxidativa puede utilizarse selectivamente para tratar sólo una única fracción de petróleo refinado, como el diesel, y puede integrarse fácilmente como un proceso de acabado en instalaciones de refinería existentes. Quizá lo más ventajoso es el hecho de que la desulfuración oxidativa puede eliminar considerablemente todas las especies de azufre presentes en una cantidad de crudo dada de manera que puedan obtenerse niveles de azufre ultra bajos, y en particular los niveles estándares más bajos que se exponen en diversos requisitos legislativos referentes a los niveles de contenido en azufre.

Sin embargo, a pesar de tales ventajas, la desulfuración oxidativa es actualmente ineficaz para ser utilizada en operaciones de refino a gran escala en la medida en que las técnicas de desulfuración oxidativa utilizadas actualmente sólo oxidan parcialmente las especies de azufre presentes a sulfóxidos, en vez de a sulfonas. A este respecto, las técnicas actuales de desulfuración oxidativa son demasiado ineficaces y no pueden alcanzar la suficiente oxidación necesaria para implementarse a gran escala. Además, en la medida en que la especie de azufre se oxida sólo parcialmente (es decir, a sulfóxido), la eliminación final de la especie de azufre, que se logra generalmente bien sea a través de extracción por disolvente o de absorción basada en la polaridad diferencial de las sulfonas que se supone están presentes en un proceso tal, fracasa en facilitar la eliminación de los componentes sulfóxidos basada en su menor grado de polaridad (es decir, comparado con las sulfonas). Por consiguiente, deben realizarse mejoras considerables a la desulfuración oxidativa antes de que esa tecnología pueda implementarse de forma práctica.

Además de los compuestos que contienen azufre, también se tiene por objeto eliminar los compuestos que contienen nitrógeno de los combustibles fósiles, ya que estos compuestos tienden a envenenar los componentes ácidos de los catalizadores de hidrocraqueo utilizados en la refinería. La eliminación de los compuestos que contienen nitrógeno se consigue mediante hidrodesnitrogenación, que es un tratamiento de hidrógeno que se lleva a cabo en presencia de catalizadores de sulfuro de metal. Tanto la hidrodesulfuración como la hidrodesnitrogenación requieren catalizadores caros, así como elevadas temperaturas (generalmente de entre 400ºF y 850ºF, que equivale a un intervalo de entre 204ºC y 254ºC) y presiones (generalmente de entre 50 psi y 3.500 psi). Estos procesos requieren una fuente de hidrógeno o una unidad de producción de hidrógeno in situ, que implica grandes desembolsos de capital y costes de explotación elevados. En ambos de estos procesos, existe también un riesgo de escape de hidrógeno del reactor.

En este contexto, existe en la técnica una necesidad considerable de sistemas y procedimientos que sean operativos para efectuar la eliminación del azufre de los combustibles fósiles refinados que sea (dicha eliminación) considerablemente efectiva en eliminar prácticamente todas las especies de azufre presentes en el combustible fósil, que sea además extremadamente rentable y pueda integrarse fácilmente en los procesos de refinado de petróleo convencionales. A este respecto, el documento US 2003/0051988 se refiere al tratamiento de fracciones de petróleo crudo, combustibles fósiles y productos de los mismos con ultrasonido, en el que la fase orgánica se combina con una fase acuosa para formar una emulsión. Existe asimismo una necesidad en la técnica de un procedimiento tal que sea eficaz en la eliminación de los compuestos nitrogenados, que sea además rentable y considerablemente eficaz en la eliminación de prácticamente todas las especies de nitrógeno presentes en dicho combustible fósil. Todavía más, existe una necesidad de un proceso tal que sea capaz de mejorar la calidad del combustible fósil refinado tratado de ese modo y que pueda utilizarse fácilmente en operaciones de refinería bien sea a gran escala o a pequeña escala.

## BREVE SUMARIO DE LA INVENCIÓN

Se ha descubierto recientemente que los combustibles fósiles, y muchos de los componentes que se derivan de estas fuentes pueden experimentar diversas conversiones beneficiosas y ser mejorados de diversas maneras mediante un proceso que aplica energía sónica a estos materiales en un medio de reacción. Esto se da a conocer en la presente invención, de acuerdo con la materia objeto de la reivindicación 1. No se requiere gas de hidrógeno, ni tampoco la alta temperatura y presión que son comúnmente necesarios para hidrogenaciones de la técnica anterior. Uno de los descubrimientos sorprendentes asociados con la esta invención, es que las conversiones conseguidas por esta invención se pueden lograr sin la inclusión de un hidroperóxido en la mezcla de reacción.

Incluidas entre las conversiones conseguidas por la presente invención se encuentran la eliminación de los compuestos orgánicos de azufre, la eliminación de los compuestos orgánicos de nitrógeno, la saturación de dobles enlaces y anillos aromáticos, y la apertura de anillos en estructuras de anillos fusionados. La invención radica así en el proceso de utilización de energía sónica para conseguir estas conversiones. La invención radica adicionalmente en procesos para la conversión de compuestos aromáticos a cicloparafinas, y la apertura de uno o más anillos en una estructura de anillos fusionados, de este modo, por ejemplo, la conversión a productos naftalenos a aromáticos monocíclicos, antracenos a naftalenos, anillos heterocíclicos fusionados tales como benzotiofenos, dibenzotiofenos, benzofuranos, quinolinas, indoles, y similares, para bencenos sustituidos, acenaftalenos y acenaftenos a indanos e indenos, y los compuestos aromáticos monocíclicos a estructuras no cíclicas. Más aún, la invención radica en procesos para la conversión de olefinas a parafinas, y en los procesos de ruptura de enlaces carbono-carbono, enlaces carbono-azufre, enlaces carbono-metal, y enlaces carbono-nitrógeno.

Además de lo anteriormente indicado, como resultado de los tratamientos según la invención se incrementan las gravedades API de los combustibles fósiles y de las fracciones de crudo (es decir, disminuyen las densidades). Además, la invención incrementa el índice de cetano de fracciones de petróleo y de productos de craqueo cuyos puntos o intervalos de ebullición se encuentran en el rango o la gama del diesel. El término "rango o gama del diesel" se utiliza en la presente memoria en el sentido de la industria para referirse a la parte de crudo que se destila después de la nafta, y generalmente dentro del intervalo de temperatura de entre aproximadamente 200ºC (392ºF) y aproximadamente 370ºC (698ºF). Las fracciones y los productos de craqueo cuyos intervalos de ebullición están contenidos en este intervalo, así como aquellos que se solapan con este intervalo en una medida mayoritaria, están incluidos. Ejemplos de fracciones y corrientes de refinería dentro del rango o la gama del diesel son las fracciones de petróleo del ciclo de craqueo catalítico fluido (FCC), fracciones de destilado de coque, fracciones de diesel de destilación directa, y mezclas. La invención también proporciona otros cambios beneficiosos, tales como un descenso de los puntos de ebullición y una eliminación de los componentes que son perjudiciales para el rendimiento del combustible y de aquellos que afectan a los procesos de refinería y elevan el coste de producción del combustible. Así, por ejemplo, los petróleos del ciclo de FCC pueden tratarse de acuerdo con la invención para reducir marcadamente su contenido en aromáticos.

Un grupo adicional de fracciones de crudo para las que la invención es particularmente útil son los gasóleos, cuyo término se utiliza en la presente memoria como en la industria petrolífera, para referirse a los destilados líquidos del petróleo con puntos de ebullición más elevados que la nafta. El punto de ebullición inicial puede ser de un valor tan bajo como de 400ºF (200ºC), pero el intervalo de ebullición preferente es de entre aproximadamente 500ºF y aproximadamente 1100ºF (aproximadamente igual a un intervalo de entre 260ºC y 595ºC). Ejemplos de fracciones que entran en ebullición dentro de este intervalo son el petróleo espeso o la fracción pesada del petróleo denominada "slurry oil" de FCC, los gasóleos ligeros y pesados, llamados así en vista de sus diferentes puntos de ebullición, y los gasóleos de coque. Todos los términos de este párrafo y del párrafo anterior en la presente memoria se utilizan como en la técnica del petróleo.

En virtud de las conversiones que se producen como resultado del proceso de esta invención, las corrientes de hidrocarburos experimentan cambios en sus propiedades de fluido frío, incluyendo sus puntos de escurrimiento, puntos de enturbiamiento y puntos de congelación. Son reducidos los compuestos de azufre, y los compuestos de nitrógeno, y el uso de un proceso según esta invención reduce significativamente la carga sobre procesos convencionales, tales como la hidrodesulfuración y la hidrodesnitrogenación, que pueden por tanto llevarse a acabo con mayor eficiencia y eficacia.

Estas y otras ventajas, características, aplicaciones y formas de realización de la invención se pondrán de manifiesto mediante la descripción que a continuación sigue.

## DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN Y FORMAS DE REALIZACIÓN ESPECÍFICAS

La expresión "combustible fósil líquido" en la presente memoria se utiliza para referirse a cualquier líquido carbonoso derivado del petróleo, carbón, o cualquier otro material que existe de forma natural, así como a combustibles procesados, tales como los gasóleos y los productos de las unidades de craqueo catalítico fluido, unidades de hidrocraqueo, unidades de craqueo térmico, y coques, y que se utiliza para generar energía para cualquier tipo de uso, incluyendo usos industriales, usos comerciales, usos gubernamentales, y usos de consumidor. Incluidos entre estos combustibles se encuentran los combustibles para vehículos automotrices, tales como la gasolina, combustible diesel, combustible para aviones, y combustible para vehículos espaciales, así como fueloils basados en residuos del petróleo incluyendo combustibles bunker y combustibles residuales. El fueloil nº 6, por ejemplo, que también se conoce como fueloil "Bunker C", se utiliza en centrales eléctricas de fuel como combustible principal y se utiliza también como combustible de propulsión principal en embarcaciones de gran calado en la industria naviera. Los fueloils nº 4 y nº 5 se utilizan para calentar edificios grandes, tales como escuelas, edificios de apartamentos, y edificios de oficinas, y grandes motores estacionarios marinos. El fueloil más pesado es el residuo de vacío de la destilación fraccionada, comúnmente denominado "vacuum resid" o "residuo de vacío", con un punto de ebullición de 565ºC y superior, que es utilizado como asfalto y carga de coque. La presente invención es útil en el tratamiento de cualquiera de estos combustibles y fueloils con fines de reducir el contenido en azufre, el contenido en nitrógeno, y el contenido en aromáticos, y para la mejora general para mejorar el rendimiento y mejorar la utilidad. Algunas

formas de realización de la invención implican el tratamiento de fracciones o productos en el rango o la gama del diesel que incluyen, pero no están limitadas a, combustible diesel de destilación directa, combustible diesel de surtidor o "feed-rack" (tal como está comercialmente disponible para los consumidores en las gasolineras), petróleo del ciclo ligero, y mezclas de diesel de destilación directa y petróleo del ciclo ligero en una proporción de entre 10:90 y 90:10 (diesel de destilación directa:petróleo del ciclo ligero).

El término "compuesto aromático con anillos fusionados" en la presente memoria se utiliza para referirse a los compuestos que contienen dos o más anillos fusionados, siendo por lo menos uno un anillo fenilo, con o sin sustituyentes, e incluyendo los compuestos en los que todos sus anillos fusionados son anillos fenilo o hidrocarbilo, así como los compuestos en los que uno o más de los anillos fusionados son anillos heterocíclicos. Son ejemplos los naftalenos sustituidos y no sustituidos, los antracenos, los benzotiofenos, los dibenzotiofenos, los benzofuranos, las quinolinas, y los indoles.

El término "olefinas" en la presente memoria se utiliza para referirse a los hidrocarburos, principalmente a aquellos que contienen dos o más átomos de carbono y uno o más dobles enlaces.

Los combustibles fósiles tratados con energía sónica según esta invención presentan unas propiedades significativamente mejoradas en relación a los mismos materiales antes del tratamiento, convirtiendo estas mejoras en excepcionales los productos y mejorando su utilidad como combustibles. Específicamente, la presente invención es operativa para abrir los compuestos aromáticos con anillos fusionados mediante la conversión de estos en compuestos saturados. Un proceso tal es asimismo operativo para convertir olefinas en compuestos saturados de manera que por lo menos uno o más de los dobles enlaces presentes son reemplazados por enlaces simples.

Otra de estas propiedades mejoradas a través de la presente invención es la gravedad API. La expresión "gravedad API" en la presente memoria se utiliza tal como se utiliza entre los expertos en la materia del petróleo y de los combustibles derivados del petróleo. En general, la expresión representa una escala de medida adoptada por el Instituto Americano del Petróleo, aumentando los valores de la escala al descender los valores de la gravedad específica. Así, una gravedad API relativamente elevada significa una densidad relativamente baja. La escala de la gravedad API se extiende desde -20,0 (equivalente a una gravedad específica de 1,2691) hasta 100,0 (equivalente a una gravedad específica de 0,6112).

El proceso de la presente invención es aplicable a cualquier combustible fósil líquido, preferentemente a aquellos con gravedades API dentro del intervalo de entre -10 y 50, y lo más preferentemente dentro del intervalo de entre 0 y 45. Para materiales que entran en ebullición en el rango o la gama del diesel, el proceso de la invención se lleva a cabo preferentemente de una manera tal que los materiales de partida se convierten en productos con gravedades API dentro del intervalo de entre 37,5 y 45. Los petróleos del ciclo de FCC se convierten preferentemente en productos con gravedades API dentro del intervalo de entre 30 y 50. Para los combustibles fósiles líquidos en general, el proceso de la invención se lleva a cabo preferentemente para conseguir un aumento de la gravedad API en una cantidad de entre 2 unidades de gravedad API y 30 unidades de gravedad API, y más preferentemente en una cantidad de entre 7 unidades y 25 unidades. Tal como se indica alternativamente, la invención aumenta la gravedad API preferentemente desde por debajo de 20 hasta por encima de 35.

Tal como se ha indicado anteriormente, los combustibles fósiles que entran en ebullición dentro del rango o la gama del diesel que se tratan según esta invención experimentan una mejora de su índice de cetano (también denominado en la técnica el "número cetano") al tratarse según esta invención. Los combustibles diesel para los que la invención es de particular interés a este respecto son aquellos que tienen un índice de cetano superior a 40, preferentemente dentro del intervalo de entre 45 y 75, y lo más preferentemente dentro del intervalo de entre 50 y 65. La mejora en el índice de cetano también puede expresarse en términos de un incremento por encima del índice del material antes del tratamiento con energía sónica. En algunas formas de realización preferentes, el incremento es de una cantidad de entre 1 unidad de índice de cetano y 40 unidades de índice de cetano, y más preferentemente de una cantidad de entre 4 unidades y 20 unidades. Tal como una forma de expresión todavía adicional, la invención incrementa el índice de cetano preferentemente desde por debajo de 47 hasta aproximadamente 50. Esta invención puede utilizarse para producir combustibles diesel con un índice de cetano superior a 50,0, o preferentemente superior a 60,0. En términos de intervalos, la invención es capaz de producir combustibles diesel con un índice de cetano de entre aproximadamente 50,0 y aproximadamente 80,0, y preferentemente de entre aproximadamente 60,0 y aproximadamente 70,0. El índice o número de cetano tiene el mismo significado en esta especificación y en las reivindicaciones adjuntas que el que tiene entre los expertos en la materia de los combustibles para vehículos automotrices.

De acuerdo con la presente invención, el combustible fósil líquido no se combina con ningún fluido acuoso.

La energía sónica utilizada según esta invención consiste en ondas similares a las ondas sonoras cuya frecuencia se encuentra dentro del intervalo de entre aproximadamente 2 kHz y aproximadamente 100 kHz, y preferentemente dentro del intervalo de aproximadamente entre 10 kHz y aproximadamente 19 kHz. En una forma de realización más preferente, la energía sónica utilizada posee una frecuencia dentro del intervalo de entre aproximadamente 17 kHz y aproximadamente 19 kHz.

Tal como podrá apreciarse por los expertos en la materia, tales ondas sónicas pueden generarse por fuentes de energía mecánicas, eléctricas, electromagnéticas u otras fuentes de energía conocidas. A este respecto, los diversos procedimientos de producción y aplicación de energía sónica, y los proveedores comerciales de equipos de producción de energía sónica, son bien conocidos entre los expertos en la materia. Como ejemplo de tales sistemas capaces de ser utilizados en la práctica de la presente invención para proporcionar el grado necesario de energía sónica descrito en la presente memoria se incluyen aquellos sistemas ultrasónicos producidos por Hielscher Systems en Teltow, Alemania, y distribuidos domésticamente por Hielscher USA, Inc. en Ringwood, Nueva Jersey.

La intensidad de la energía sónica aplicada poseerá una magnitud suficiente como para efectuar la oxidación de las especies azufradas y nitrogenadas presentes en el combustible fósil que está siendo tratado, así como para abrir los compuestos con anillos fusionados y saturar los compuestos olefínicos que puedan estar presentes. Actualmente, se cree que la energía sónica aplicada debería tener una amplitud de desplazamiento en el intervalo de entre aproximadamente 10 micrómetros y 300 micrómetros, y puede ajustarse en función de si los procesos de la presente invención son realizados a elevadas temperaturas y/o a elevadas presiones. En la medida en que los procesos de la presente invención se realizan a temperatura y presión ambientales, puede ser apropiada una amplitud de desplazamiento de entre aproximadamente 30 micrómetros y aproximadamente 120 micrómetros, siendo preferente un intervalo de entre aproximadamente 36 micrómetros y aproximadamente 60 micrómetros. El intervalo preferente de energía que debería ser administrada por unidad de volumen (es decir, densidad de potencia) debería ser preferentemente de entre aproximadamente 0,01 vatios por centímetro cúbico y aproximadamente 100,00 vatios por centímetro cúbico de líquido tratado, y preferentemente de entre aproximadamente 1 vatio por centímetro cúbico y aproximadamente 20 vatios por centímetro cúbico de líquido tratado. Sin embargo, debe entenderse que pueden alcanzarse densidades de potencia más elevadas, dada la capacidad del equipo existente para producir una potencia de salida de hasta 16 kilovatios, y que puede utilizarse una potencia de salida tan elevada para facilitar las reacciones de la presente invención.

El tiempo de exposición del medio de reacción a la energía sónica no es crítico para la práctica o para el éxito de la invención, y el tiempo de exposición óptimo variará según el tipo de combustible que esté siendo tratado. Sin embargo, una ventaja de la invención es que pueden obtenerse resultados eficaces y útiles con un tiempo de exposición relativamente corto. Un intervalo preferente de tiempos de exposición es de entre aproximadamente 1 segundo y aproximadamente 30 minutos, y un intervalo más preferente es de entre aproximadamente 1 segundo y aproximadamente 1 minuto, obteniendo resultados excelentes con tiempos de exposición de aproximadamente 5 segundos y posiblemente inferiores.

También pueden conseguirse mejoras en la eficacia y eficiencia del proceso mediante tratamientos de reciclado o tratamientos secundarios con energía sónica. La reexposición a la energía sónica puede repetirse varias veces para obtener mejores resultados, y se puede lograr fácilmente en un proceso continuo mediante una corriente de reciclaje o mediante el uso de un segundo estado de tratamiento de energía sónica, y posiblemente una tercera etapa de tratamiento de energía sónica.

En sistemas en los que la reacción inducida por la aplicación de energía sónica produce subproductos no deseables en la fase orgánica, estos subproductos pueden eliminarse por procedimientos convencionales de extracción, absorción o filtración. Cuando los subproductos son compuestos polares, por ejemplo, el proceso de extracción puede ser cualquier proceso que extraiga compuestos polares de un medio líquido no polar. Tales procesos incluyen la extracción sólido-líquido, utilizando absorbentes como gel de sílice, alúmina activada, resinas poliméricas y zeolitas. También puede utilizarse una extracción líquido-líquido, con disolventes polares, tales como dimetil formamida, N-metilpirrolidona, o acetonitrilo. Pueden utilizarse varios disolventes orgánicos que sean o inmiscibles o marginalmente miscibles con el combustible fósil. Son ejemplos el tolueno y disolventes similares.

Alternativamente, en la medida en que se produzca cualquier subproducto no deseable en la fase orgánica que consista de que consiste en nitrógeno oxidado y las especies que contienen azufre, tales como sulfóxidos y sulfonas, el mismo puede tratarse de acuerdo con procesos convencionales de hidrodesulfuración.

A este respecto, los procesos oxidativos de la presente invención pueden incorporarse en aquellos procesos dados a conocer en la solicitud de patente en trámite en los Estados Unidos de América US200400759 presentada el 11 de abril de 2003, titulada SULFONE REMOVAL PROCESS, y en la solicitud de patente en los Estados Unidos de América US200422213A presentada el 05 de mayo 2003, titulada PROCESS FOR GENERATING AND REMOVING SULFOXIDES FROM FOSSIL FUEL.

La reacción de reformación asistida por energía sónica puede generar calor, y con ciertos materiales de partida resulta preferente eliminar parte del calor generado para mantener el control sobre la reacción. Cuando se trata gasolina según esta invención, por ejemplo, resulta preferente enfriar el medio de reacción cuando éste está siendo sometido a energía sónica. El enfriamiento se consigue fácilmente por medios convencionales, como por ejemplo el uso de una camisa refrigerante de líquidos o un refrigerante que circula a través de un serpentín de refrigeración en el interior de la cámara en la que se utiliza la energía sónica. Un refrigerante efectivo para estos propósitos es el

agua a presión atmosférica. Los procedimientos o dispositivos refrigerantes adecuados se pondrán fácilmente de manifiesto para los expertos en la materia. La refrigeración generalmente no es necesaria con combustible diesel, gasóleos y residuos.

Las condiciones de funcionamiento en general para la práctica de esta invención varían ampliamente, dependiendo del material orgánico que está siendo tratado y del modo de tratamiento. El pH del medio de reacción, por ejemplo, puede ser de entre 1 y 10, aunque actualmente se cree que los mejores resultados se obtienen dentro de un intervalo de pH de entre 2 y 7. La presión del medio de reacción al estar ésta sometida a energía sónica puede asimismo variar, pudiendo encontrarse de un intervalo de presión subatmostférica (tan baja de entre 5 psia ó 0,34 atmósferas) a tan alta como 3.000 psia (214 atmósferas), aunque resulta preferente que sea inferior a aproximadamente 400 psia (27 atmósferas), y más preferentemente inferior a aproximadamente 50 psia (3,4 atmósferas), y lo más preferentemente entre aproximadamente la presión atmosférica y aproximadamente 50 psia.

Uno de los excepcionales y sorprendentes descubrimientos de esta invención es que los niveles de los compuestos azufrados y nitrogenados se reducen considerablemente. Además, el proceso tal como es descrito en la presente memoria puede realizarse bien sea de un modo discontinuo o en una operación de flujo continuo.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para el tratamiento de un combustible fósil líquido que contiene compuestos aromáticos con anillos condensados y compuestos olefínicos de tal manera que dichos compuestos aromáticos de anillos fusionados se abren y dichos compuestos olefínicos se convierten en compuestos saturados, comprendiendo dicho procedimiento las etapas de:

- proporcionar dicho combustible fósil líquido en la ausencia de cualquier fluido acuoso

- exponer dicho combustible fósil líquido a una energía sónica con un intervalo de frecuencia de entre aproximadamente 2 kHz a aproximadamente 100 kHz, y que posee un intervalo de desplazamiento de amplitud de entre aproximadamente 10 micrones y aproximadamente 300 micrones para una duración de un intervalo de entre aproximadamente 1 segundo a aproximadamente 30 minutos

2. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicha energía sónica tiene una frecuencia comprendida en un intervalo de entre 10 kHz a aproximadamente 19 kHz y que se aplica a dicho combustible fósil líquido en un intervalo de entre aproximadamente 1 segundo a aproximadamente 1 minuto.

3. Procedimiento según la reivindicación 2, en el que dicha energía sónica posee una amplitud de desplazamiento que varía de aproximadamente 30 micrómetros a aproximadamente 120 micrómetros.

4. El procedimiento de la reivindicación 1 en el que dicha energía sónica se aplica en una densidad de potencia que oscila desde aproximadamente 0,01 vatios/cm cúbico a alrededor de 100,00 vatios/cm cúbico.

5. El procedimiento de la reivindicación 1 en el que dicha energía sónica se aplica en una densidad de potencia que oscila desde aproximadamente 1 vatios/cm cúbico a alrededor de 20,00 vatios/cm cúbico.

6. El procedimiento de la reivindicación 1 que comprende adicionalmente las etapas de hidrodesulfuración de la fase orgánica que consta de nitrógeno oxidado y las especies que contienen azufre.