

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 535 460**

51 Int. Cl.:

F02B 45/10 (2006.01)

B01F 3/00 (2006.01)

B01F 7/16 (2006.01)

C10L 1/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.06.2009 E 09773987 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.01.2015 EP 2294296**

54 Título: **Proceso de alto cizallamiento para la mezcla de aire/combustible**

30 Prioridad:

03.07.2008 US 78154

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

11.05.2015

73 Titular/es:

**H R D CORPORATION (100.0%)
14549 Minetta
Houston, Texas 77035, US**

72 Inventor/es:

**HASSAN, ABBAS;
ANTHONY, RAYFORD, G.;
BORSINGER, GREGORY;
HASSAN, AZIZ y
BAGHERZADEH, EBRAHIM**

74 Agente/Representante:

RIZZO, Sergio

ES 2 535 460 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

Proceso de alto cizallamiento para la mezcla de aire/combustible

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Campo técnico

5 **[0001]** La presente exposición hace referencia generalmente a motores de combustión interna. Más específicamente, la exposición hace referencia al funcionamiento de un motor de combustión interna.

Antecedentes de la invención

10 **[0002]** El mercado volátil del petróleo y destilados del petróleo afecta al coste de los combustibles para los consumidores. El aumento de costes puede manifestarse como un coste aumentado del queroseno, la gasolina y el diésel. A medida que aumentan la demanda y los precios, los consumidores buscan una eficiencia mejorada de los motores de combustión interna. La eficiencia del motor, puesto que está relacionada con el consumo de combustible, implica normalmente una comparación de la energía química total en los combustibles y la energía útil extraída de los combustibles en forma de energía cinética. El concepto más fundamental de la eficiencia del motor es el límite termodinámico para extraer energía del combustible definido por un ciclo termodinámico. El concepto más completo e importante económicamente es el consumo de combustible empírico del motor, por ejemplo, millas por galón en aplicaciones automovilísticas.

15 **[0003]** Los motores de combustión interna, como aquellos que se encuentran en los automóviles, son motores en los que el combustible y un oxidante se mezclan y son quemados en una cámara de combustión. Normalmente, estos motores son motores de cuatro tiempos. El ciclo de cuatro tiempos comprende tiempos de admisión, compresión, combustión y escape. La reacción de combustión produce calor y gases presurizados a los que se permite que se expandan. La expansión de los gases de producto actúa sobre las partes mecánicas del motor para producir trabajo útil. Los gases de producto presentan más energía disponible que la mezcla de combustible/oxidante comprimida. Una vez se ha extraído la energía disponible, el calor no convertido en trabajo se elimina mediante un sistema de enfriamiento como calor residual.

20 **[0004]** El combustible no quemado es retirado del motor durante el tiempo de escape. Para lograr una combustión casi completa, es necesario operar el motor cerca de la relación estequiométrica de combustible a oxidante. Aunque esto reduce la cantidad de combustible no quemado, también aumenta las emisiones de determinados contaminantes regulados. Estos contaminantes pueden estar relacionados con la mezcla pobre del combustible y oxidante antes de su introducción en la cámara de combustión. Además, el funcionamiento cerca de la relación estequiométrica aumenta el riesgo de detonación. La detonación es una condición peligrosa en la que el combustible entra en ignición en el motor antes de completarse el tiempo de combustión. La detonación puede dar lugar a un fallo del motor catastrófico. Para evitar estas situaciones, el motor es operado con un exceso de combustible.

25 **[0005]** Por consiguiente, existe una necesidad en la industria de métodos mejorados de mezcla de combustible y oxidante antes de la inyección en los motores de combustión interna.

30 **[0006]** Se conocen mezcladores de la técnica precedente a partir de US 6 383 237 B1, DE 297 13519 U1 y US 2002/0089074 A1.

SUMARIO DE LA INVENCION

35 **[0007]** Se presenta un sistema de alto cizallamiento y proceso para la producción de combustible aireado. El método para formar la emulsión comprende: obtener un dispositivo de alto cizallamiento que tenga al menos un conjunto rotor/estator dentado configurado para producir una velocidad periférica de al menos 5 m/s, introducir gas y un combustible líquido en dicho dispositivo de alto cizallamiento, y formar una emulsión de gas y combustible líquido, donde dicho gas comprende burbujas con un diámetro medio inferior a aproximadamente 5 µm.

40 **[0008]** En un modo de realización descrito en la presente exposición, un proceso emplea un dispositivo mecánico de alto cizallamiento para proporcionar unas condiciones de presión, temperatura y tiempo mejoradas resultando en una dispersión mejorada de compuestos multifase.

45 **[0009]** Estos y otros modos de realización, características y ventajas serán evidentes en la siguiente descripción detallada y dibujos.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0010] Para una descripción más detallada del modo de realización preferido de la presente invención, se hará referencia ahora a los dibujos que acompañan, donde:

- 5 La Figura 1 es un esquema de un Sistema de combustible de alto cizallamiento según un modo de realización de la exposición.
La Figura 2 es un diagrama de sección transversal de un dispositivo de alto cizallamiento para la producción de combustibles aireados.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS MODOS DE REALIZACIÓN PREFERIDOS**10 Resumen**

[0011] La presente exposición proporciona un sistema y método para la producción de combustible aireado que comprende mezclar combustibles líquidos y gas oxidante con un dispositivo de alto cizallamiento. El sistema y método emplea un dispositivo mecánico de alto cizallamiento para proporcionar un contacto rápido y mezcla de reactantes en un entorno controlado en el dispositivo mezclador/reactor, antes de la introducción a un motor de combustión interna. El dispositivo de alto cizallamiento distribuye minuciosamente los gases oxidantes por el combustible líquido para mejorar la combustión. En determinados ejemplos, el sistema se configura de manera que se pueda transportar.

[0012] Las mezclas y reacciones químicas en las que intervienen líquidos, gases y sólidos se basan en las leyes de la cinética que incluyen el tiempo, la temperatura y la presión para definir el índice de reacciones y la exhaustividad de la mezcla. Cuando sea deseable combinar dos o más materias primas de diferentes fases, por ejemplo, sólido y líquido; líquido y gas; sólido, líquido y gas, en una emulsión, uno de los factores limitativos que controla el índice de reacción y la exhaustividad de la mezcla es el tiempo de contacto de los reactantes. Sin intención de quedar limitados por una teoría específica, se conoce en la química de la emulsión que las burbujas, glóbulos o partículas submicrónicas dispersas en un líquido experimentan movimiento principalmente a través de los efectos del movimiento browniano en la difusión.

[0013] Mezclar oxidantes y combustibles antes de la combustión comprende el riesgo adicional de explosión. El límite de explosividad en aire se mide por porcentaje de volumen a temperatura ambiente. El parámetro del Límite Superior de Explosividad, de aquí en adelante LSE, representa la concentración máxima de gas o vapor por encima de la cual la sustancia no se quemará o explotará porque por encima de esta concentración no hay suficiente oxidante para prender el combustible. El parámetro del Límite Inferior de Explosividad, de aquí en adelante LIE, representa la concentración mínima de gas o vapor en el aire por debajo de la cual la sustancia no se quemará o explotará porque por debajo de este umbral no hay suficiente combustible para prender. Las mezclas de combustible y oxidante entre estos límites presentan un riesgo aumentado de explosión. Para que se produzca la combustión, o una explosión, hay tres elementos combinados en una relación adecuada: un combustible, un oxidante y una fuente de ignición. En determinadas circunstancias, la fuente de ignición puede comprender una chispa, una llama, alta presión u otras fuentes sin limitación. La regulación de la mezcla oxidante/combustible, las condiciones y el recipiente comprenden posibles medios para mitigar el riesgo de explosión.

[0014] Para la gasolina, el LIE es aproximadamente 1,4% en volumen y el LSE es aproximadamente 7,6% en volumen. Con el diésel, se reduce el riesgo de explosión en comparación con la gasolina. Esto se debe al punto de inflamación más alto del diésel, que evita que se evapore fácilmente y produzca un aerosol inflamable. El LIE para el combustible diésel es aproximadamente 3,5% en volumen y el LSE es aproximadamente 6,9% en volumen. Mantener las mezclas de combustible, como gasolina o diésel, por debajo del LIE y por encima del LSE es importante para reducir el riesgo de explosión.

45 Sistema de combustible de alto cizallamiento

[0015] Como se ilustra en la Figura 1, el sistema de combustible de alto cizallamiento (HSFS, por sus siglas en inglés) 100 comprende un depósito 50, una bomba 5, un dispositivo de alto cizallamiento 40 y un motor 10. El HSFS 100 es dispuesto con un vehículo 30. El vehículo 30 comprende un coche, camión, tractor, tren u otro vehículo de transporte sin restricción. De manera alternativa, un vehículo 30 puede comprender un motor transportable, portátil o móvil, por ejemplo un generador. El vehículo 30 es accionado por o alimentado por el motor 10. El motor 10 comprende un motor de combustión interna. En determinados modos de realización, el motor 10 comprende un motor gasolina o diésel. De manera alternativa, el motor 10 puede comprender cualquier motor que funcione mediante la combustión de cualquier combustible con oxidante, por ejemplo un motor queroseno o propano, sin limitación.

[0016] Los combustibles son almacenados en el depósito 50. El depósito 50 se configura para el almacenaje, transporte y consumo de combustibles líquidos. El depósito 50 comprende al menos dos aberturas, una entrada 51 y una salida 52. El depósito 50 es accesible desde el exterior del vehículo 30 para rellenarlo a través de la entrada 51. El depósito 50 está en comunicación de fluido con el motor 10 a través de al menos una salida 52. En determinados casos, el depósito 50 comprende un tanque de combustible o una celda de combustible. En determinados ejemplos, el depósito 50 puede ser presurizado. De manera alternativa, el depósito 50 puede configurarse para almacenar combustibles gaseosos.

[0017] La salida 52 está conectada a una tubería de combustible 20 dirigida a la bomba 5. La bomba 5 está configurada para mover el combustible del depósito 50 al motor 10. En modos de realización, la bomba 5 está en comunicación de fluido con un depósito 50 y motor 10. La bomba 5 está configurada para presurizar la tubería de combustible 20, para crear una tubería de combustible presurizada 12. La bomba 5 está en comunicación de fluido con la tubería de combustible presurizada 12. Además, la bomba 5 puede configurarse para presurizar el HSFS 100, y controlar el flujo de combustible a través del mismo. La bomba 5 puede ser cualquier bomba de combustible configurada para mover combustible a un motor de combustión como es conocido los expertos en la técnica. Alternativamente, la bomba 5 puede comprender cualquier bomba adecuada, por ejemplo, una bomba de engranaje Roper Tipo 1, Roper Pump Company (Commerce Georgia) o bomba de refuerzo de presión Dayton Modelo 2P372E, Dayton Electric Co (Niles, IL). En determinados casos, la bomba 5 es resistente a la corrosión por el combustible. Alternativamente, todas las partes de contacto de la bomba 5 comprenden acero inoxidable.

[0018] La bomba 5 aumenta la presión del combustible en la tubería de combustible 20 a más de aproximadamente la presión atmosférica, 101 kPa (1 atm); preferiblemente la bomba 5 aumenta la presión a 203 kPa (2 atm), alternativamente, más de aproximadamente 304 kPa (3 atm). La bomba 5 crea presión y alimenta el dispositivo de alto cizallamiento 40 a través de la tubería de combustible presurizada 12.

[0019] La tubería de combustible presurizada 12 drena la bomba 5. La tubería de combustible presurizada 12 comprende además alimentación de oxidante 22. La alimentación de oxidante 22 se configura para inyectar oxidantes en la tubería de combustible presurizada 12. La alimentación de oxidante 22 puede comprender un compresor o bomba para inyectar oxidantes en la tubería de combustible presurizada 12. La alimentación de oxidante 22 comprende aire. La alimentación de oxidante 22 puede comprender aditivos del combustible o reactantes alternativos para la combustión o para el control de emisiones. Además, la alimentación de oxidante 22 puede comprender un medio para vaporizar los aditivos del combustible para la introducción en la tubería de combustible presurizada 12. Por ejemplo, la alimentación de oxidante 22 puede comprender agua, metanol, etanol, oxígeno, óxido nitroso, u otros compuestos conocidos por aquellos expertos en la técnica para mejorar la eficiencia de combustión, emisiones y otros parámetros de funcionamiento del motor 10 sin limitación. La tubería de combustible presurizada 12 también está configurada para administrar combustible y oxidante al dispositivo de alto cizallamiento (HSD, por sus siglas en inglés) 40. La tubería de combustible presurizada 12 está en comunicación de fluido con el HSD 40. La alimentación de oxidante 22 está en comunicación de fluido con el HSD 40 a través de la tubería de combustible presurizada 12. Alternativamente, la alimentación de oxidante 22 está en comunicación de fluido directa con el HSD 40.

[0020] El HSD 40 está configurado para mezclar la alimentación de oxidante 22 y combustible en la tubería de combustible presurizada 12 a fondo. Como se explica en detalle a continuación, el dispositivo de alto cizallamiento 40 es un dispositivo mecánico que utiliza, por ejemplo, un cabezal mezclador de estator-rotor con un espacio fijo entre el estator y el rotor. En el HSD 40, el gas oxidante y el combustible se mezclan para formar una emulsión que comprende microburbujas o nanoburbujas del gas oxidante. En algunos modos de realización, la dispersión resultante comprende burbujas de tamaño submicrónico. En algunos modos de realización, la dispersión resultante tiene un tamaño de burbuja medio inferior a aproximadamente 1,5 μm . En algunos modos de realización, el tamaño de burbuja medio es inferior a aproximadamente de 0,1 μm a aproximadamente 1,5 μm . En algunos modos de realización, el tamaño de burbuja medio es inferior a aproximadamente 400 nm; más preferiblemente, inferior a aproximadamente 100 nm.

[0021] El HSD 40 sirve para crear una emulsión de burbujas de gas oxidante en la tubería de inyección de combustible 19. La emulsión puede comprender además una micro-espuma. En determinados casos, la emulsión puede comprender un combustible aireado, o un combustible líquido cargado con un componente gaseoso. Sin intención de quedar limitados a un método específico, se sabe en química de emulsiones que las partículas submicrónicas dispersas en un líquido experimentan movimiento principalmente a través de los efectos de movimiento brownianos. En algunos modos de realización, el mezclado de alto cizallamiento produce burbujas de gas capaces de permanecer dispersas a presión atmosférica durante al menos 15 minutos. En determinados casos, las burbujas son capaces de permanecer dispersas durante periodos significativamente más largos, dependiendo del tamaño de las burbujas. El HSD 40 está en comunicación de fluido con el motor 10 mediante la tubería de inyección de combustible 19. La tubería de inyección de combustible 19 se configura para transportar combustible al motor 10 para la combustión.

[0022] La tubería de inyección de combustible 10 está configurada para administrar la emulsión de oxidante y combustible al motor 10. La tubería de inyección de combustible 19 se acopla de manera fluida al HSD 40 y el motor 10. La tubería de inyección de combustible 19 se configura para mantener la emulsión fuera de los límites de explosividad del combustible, como por debajo del LIE y por encima del LSE. La tubería de inyección de combustible 19 comprende también aislamiento contra llamas, chispas, calor, carga eléctrica u otras fuentes potenciales de ignición. En determinados casos, la tubería de inyección de combustible 19 puede comprender cualquier componente asociado a un sistema de inyección de combustible en un vehículo sin limitación, por ejemplo, reguladores de presión del combustible, rampas de inyección e inyectores de combustible.

[0023] En el análisis anterior del HSFS 100, los componentes y el funcionamiento del HSFS 100 son monitorizados y controlados por un procesador integrado o unidad de control de motor (ECU, por sus siglas en inglés) 75. La ECU 75 comprende cualquier procesador configurado para monitorizar, detectar, almacenar, alterar y controlar dispositivos dispuestos en un vehículo. Además, la ECU 75 puede estar en comunicación eléctrica con sensores, solenoides, bombas, relés, interruptores u otros componentes, sin limitación, como medio para ajustar o alterar el funcionamiento del HSFS 100 para alterar los parámetros de operación del motor. La ECU 75 está configurada para ser capaz de controlar el funcionamiento del HSD 40, por ejemplo, para asegurar una emulsión segura de oxidante en combustible.

[0024] En una configuración de ejemplo, el HSFS 100 está configurado para operar en un vehículo diésel. El HSFS 100 airea el diésel a un nivel por encima del LSE. La aireación es un proceso de adición de gas oxidante al combustible, por ejemplo, en burbujas muy pequeñas, de manera que una vez inyectado en el motor, el combustible se queme de manera más completa.

[0025] En el HSFS 100, el combustible diésel se almacena en el depósito 50. El diésel es extraído del depósito 50 mediante la bomba 5. A medida que la bomba 5 conduce el diésel al dispositivo de alto cizallamiento 40, una presión negativa en la tubería de combustible 20 extrae combustible del depósito 50. La bomba 5 presuriza el combustible diésel líquido.

[0026] Cuando la tubería de combustible presurizada 12 sale de la bomba 5; se le introduce una alimentación de oxidante 22, la tubería de combustible presurizada 12 comprende una mezcla de un oxidante y un combustible; estos son dos de los tres componentes necesarios para la ignición. En este modo de realización, el oxidante comprende aire. Sin quedar limitados por la teoría, es más difícil que se vaporice un líquido presurizado. De este modo, el diésel permanece por encima del LSE, o límite superior de explosividad. El combustible presurizado y oxidante se someten al mezclado en el HSD 40. Puesto que el sistema se encuentra bajo presión, por encima del LSE, se evita la autoignición o una explosión. Además, el gas oxidante se descompone en microburbujas y nanoburbujas y se dispersa por el combustible. Las microburbujas y nanoburbujas dispersadas en el combustible comprenden una emulsión. La tubería de inyección de combustible 19 conduce la emulsión al motor 10 para su combustión.

[0027] En el motor 10, la emulsión se quema con aire adicional extraído de la atmósfera. Puesto que el diésel comprende una emulsión de aire, puede inyectarse en el motor en cantidades por encima de las estequiométricas. Sin querer quedar limitados por la teoría, el diésel puede quemarse de manera más completa, y reducir determinadas emisiones de contaminantes regulados, por ejemplo óxidos de nitrógeno. Además, la emulsión de diésel puede resistir la detonación en el motor. La detonación es la ignición del combustible en el motor previa al punto adecuado en el ciclo de cuatro tiempos. En consecuencia, la emulsión de diésel quema el combustible más completamente, mejorando las emisiones, rendimiento y eficiencia. Un sistema de combustible de alto cizallamiento 100 para mejorar estos parámetros se hace posible mediante la incorporación de un dispositivo de alto cizallamiento 40.

Dispositivo de alto cizallamiento

[0028] El/los dispositivo(s) de alto cizallamiento 40 como mezcladores de alto cizallamiento y molinos de alto cizallamiento se dividen generalmente en clases según su capacidad para mezclar fluidos. El mezclado es el proceso de reducción del tamaño de especies o partículas no homogéneas en el fluido. Una medida del grado de rigurosidad de mezclado es la densidad de energía por unidad de volumen que el dispositivo de mezcla genera para alterar el fluido. Las clases se distinguen según la densidad de energía proporcionada. Existen tres clases de mezcladores industriales que tienen suficiente densidad de energía para producir mezclas o emulsiones con tamaños de partículas o burbujas en el intervalo de 0 a 50 µm uniformemente.

[0029] Los sistemas de válvula de homogeneización se clasifican normalmente como dispositivos de alta energía. El fluido a ser procesado es bombeado bajo una presión muy alta a través de una válvula de ranura estrecha a un entorno a presión más baja. Los gradientes de presión en la válvula y las cavitaciones y turbulencias resultantes actúan para romper cualquier partícula en el fluido. Estos sistemas de válvula son

usados comúnmente en la homogeneización de la leche y pueden arrojar un tamaño de partícula medio que oscila entre aproximadamente 0,1 μm y aproximadamente 1 μm . En el otro extremo del espectro encontramos los sistemas mezcladores de alto cizallamiento clasificados como dispositivos de baja energía. Estos sistemas normalmente tienen paletas o rotores de fluido que giran a una elevada velocidad en una reserva de fluido a ser procesado, que en numerosas de las aplicaciones más comunes es un producto alimenticio. Estos sistemas se usan normalmente cuando los tamaños de partícula, glóbulo o burbuja medios superiores a 20 micrones son aceptables en el fluido procesado.

[0030] Entre los mezcladores de alto cizallamiento de baja energía y los sistemas de válvula de homogeneización, en términos de la densidad de energía de mezclado administrada al fluido, se encuentran los molinos coloidales, que se clasifican como dispositivos de energía intermedia. La configuración de molino coloidal típica incluye un rotor cónico o de disco que es separado de un estator refrigerado por líquido complementario por un espacio del rotor-estator estrechamente controlado, que puede encontrarse en el intervalo de entre aproximadamente 0,025 mm y 10,0 mm. Los rotores pueden ser impulsados preferiblemente por un motor eléctrico a través de un mecanismo de correa o accionamiento directo. Muchos molinos coloidales, con los ajustes apropiados, pueden lograr tamaños de burbuja o partícula medios de aproximadamente 0,01 μm a aproximadamente 25 μm en el fluido procesado. Estas capacidades hacen que los molinos coloidales sean apropiados para una variedad de aplicaciones que incluyen el procesamiento de emulsiones basadas en agua/aceite y coloides como preparación de cosméticos, mayonesa, amalgama de silicón/plata y mezclas de alquitrán para techos.

[0031] En relación ahora con la Figura 2, se presenta un diagrama esquemático de un dispositivo de alto cizallamiento 200. El dispositivo de alto cizallamiento 200 comprende al menos una combinación de rotor-estator. Las combinaciones de rotor-estator pueden conocerse también como generadores 220, 230, 240 o etapas sin limitación. El dispositivo de alto cizallamiento 200 comprende al menos dos generadores, y más preferiblemente, el dispositivo de alto cizallamiento comprende al menos tres generadores.

[0032] El primer generador 220 comprende un rotor 222 y un estator 227. El segundo generador 230 comprende un rotor 223, y un estator 228; el tercer generador comprende un rotor 224 y un estator 229. Para cada generador 220, 230, 240 el rotor es impulsado de manera giratoria por la entrada 250. Los generadores 220, 230, 240 se configuran para girar alrededor del eje 260, en sentido de rotación 265. El estator 227 está acoplado de manera fijable a la pared del dispositivo de alto cizallamiento 255. Por ejemplo, los rotores 222, 223, 224 pueden ser de forma cónica o de disco y pueden estar separados de un estator con forma complementaria 227, 228, 229. En algunos modos de realización, tanto el rotor como el estator comprenden una pluralidad de anillos espaciados de manera circunferencial que tienen puntas diseñadas de manera complementaria. Un anillo puede comprender una punta o superficie única que rodea el rotor o el estator. En algunos modos de realización, tanto el rotor como el estator comprenden más de dos anillos espaciados de manera circunferencial, más de tres anillos, o más de cuatro anillos. Por ejemplo, en algunos modos de realización, cada uno de los tres generadores comprende un rotor y estator que tienen tres anillos complementarios, por medio de lo cual el material procesado pasa a través de nueve espacios o etapas de cizallamiento al atravesar el HSD 200. Alternativamente, cada uno de los generadores 220, 230, 240 puede comprender cuatro anillos, por medio de lo cual el material procesado pasa a través de doce espacios o etapas de cizallamiento al pasar a través del HSD 200. Cada generador 220, 230, 240 puede ser impulsado por cualquier sistema de accionamiento configurado para proporcionar la rotación necesaria.

[0033] Los generadores incluyen huecos entre el rotor y el estator. En algunos modos de realización, el estator o estatores son ajustables para obtener el espacio de cizallamiento deseado entre el rotor y el estator de cada generador (conjunto rotor/estator). El primer generador 220 comprende un primer espacio 225; el segundo generador 230 comprende un segundo espacio 235; y el tercer generador 240 comprende un tercer espacio 245. Los espacios 225, 235, 245 son de entre aproximadamente 0,025 mm (0,01 pulgada) y 10,0 mm (0,4 pulgadas) de ancho. Alternativamente, el proceso comprende la utilización de un dispositivo de alto cizallamiento 200 donde los espacios 225, 235, 245 son de entre aproximadamente 0,5 mm (0,02 pulgadas) y aproximadamente 2,5 mm (0,1 pulgadas). En determinados casos, el espacio se mantiene en aproximadamente 1,5 mm (0,06 pulgadas). Alternativamente, los espacios 225, 235, 245 son diferentes entre los generadores 220, 230, 240. En determinados casos, el espacio 225 para el primer generador 220 es mayor que aproximadamente el espacio 235 para el segundo generador 230, que es mayor que aproximadamente el espacio 245 para el tercer generador 240.

[0034] Además, la anchura de los espacios 225, 235, 245 puede comprender una caracterización gruesa, media, fina y súper fina. Los rotores 222, 223 y 224 y estatores 227, 228 y 229 pueden tener diseños dentados. Cada generador puede comprender dos o más conjuntos de dientes del rotor-estator, como se conoce en la técnica. Los rotores 222, 223 y 224 pueden comprender varios dientes del rotor espaciados de manera circunferencial sobre la circunferencia de cada rotor. Los estatores 227, 228 y 229 pueden comprender varios dientes del estator

- espaciados de manera circunferencial sobre la circunferencia de cada estator. En modos de realización adicionales, el rotor y estator pueden tener un diámetro exterior de aproximadamente 6,0 cm para el rotor y aproximadamente 6,4 cm para el estator. En algunos modos de realización, el diámetro exterior del rotor se encuentra entre aproximadamente 11,8 cm y aproximadamente 35 cm. En algunos modos de realización, el diámetro exterior del estator se encuentra entre aproximadamente 15,4 cm y aproximadamente 40 cm. Alternativamente, el rotor y estator pueden presentar diámetros alternos para alterar la velocidad periférica y presiones de cizallamiento. En determinados modos de realización, cada una de las tres etapas es operada con un generador súper fino, que comprende un espacio de entre aproximadamente 0,025 mm y aproximadamente 3 mm.
- 5
- 10 **[0035]** Se introduce en el dispositivo de alto cizallamiento 200 una mezcla de reacción que comprende la corriente de alimentación 205. La corriente de alimentación 205 comprende una emulsión de la fase dispersable y la fase continua. La emulsión hace referencia a una mezcla licuada que contiene dos sustancias (o fases) distinguibles que no se mezclarán y disolverán fácilmente. La mayoría de emulsiones presentan una fase continua (o matriz), que retiene en ella gotitas, burbujas y/o partículas discontinuas de la otra fase o sustancia. Las emulsiones pueden ser altamente viscosas, como lodos o pastas, o pueden ser espumas, con pequeñas burbujas de gas suspendidas en un líquido. Según el uso aquí realizado, el término "emulsión" abarca fases continuas que comprenden burbujas de gas, fases continuas que comprenden partículas (p.ej., catalizador sólido), fases continuas que comprenden gotitas o glóbulos de un fluido que es insoluble en la fase continua, y combinaciones de los mismos.
- 15
- 20 **[0036]** La corriente de alimentación 205 puede incluir un componente de catalizador sólido particulado. La corriente de alimentación 205 es bombeada a través de los generadores 220, 230, 240, de manera que se forma la dispersión de producto 210. En cada generador, los rotores 222, 223, 224 rotan a una elevada velocidad respecto de los estatores fijos 227, 228, 229. La rotación de los rotores bombea el fluido, como la corriente de alimentación 205, entre la superficie exterior del rotor 222 y la superficie interior del estator 227 creando una condición de alto cizallamiento localizada. Los espacios 225, 235, 245 generan fuerzas de alto cizallamiento que procesan la corriente de alimentación 205. Las fuerzas de alto cizallamiento entre el rotor y estator funcionan para procesar la corriente de alimentación 205 para crear la dispersión de producto 210. Cada generador 220, 230, 240 del dispositivo de alto cizallamiento 200 tiene combinaciones de rotor-estator intercambiables para producir una estrecha distribución del tamaño de burbuja deseado, si la corriente de alimentación 205 comprende un gas, o tamaño de glóbulo, si la corriente de alimentación 205 comprende un líquido, en la dispersión de producto 210.
- 25
- 30
- 35 **[0037]** La dispersión de producto 210 de burbujas, glóbulos o partículas de gas, en un líquido comprende una emulsión. En algunos modos de realización, la dispersión de producto 210 puede comprender una dispersión de un sólido, líquido o gas previamente inmisible o insoluble en la fase continua. La dispersión producto 210 tiene un tamaño de burbuja, glóbulo o partícula de gas medio inferior a aproximadamente 1,5 μm ; preferiblemente los glóbulos son de diámetro submicrónico. En determinados casos, el tamaño del glóbulo medio se encuentra en el intervalo de aproximadamente 1,0 μm y aproximadamente 0,1 μm . Alternativamente, el tamaño de glóbulo medio es inferior a aproximadamente 400 nm (0,4 μm) y más preferiblemente inferior a aproximadamente 100 nm (0,1 μm).
- 40
- 45 **[0038]** La velocidad periférica es la velocidad (m/s) asociada al extremo de uno o más elementos giratorios que transmite energía a los reactantes. La velocidad periférica, para un elemento giratorio, es la distancia circunferencial recorrida por la punta del rotor por unidad de tiempo, y se define generalmente mediante la ecuación $V \text{ (m/s)} = \pi \cdot D \cdot n$, donde V es la velocidad periférica, D es el diámetro del rotor, en metros, y n es la velocidad giratoria del rotor, en revoluciones por segundo. La velocidad periférica es por tanto función del diámetro del rotor y la velocidad de rotación.
- 50
- 55 **[0039]** Para molinos coloidales, las velocidades periféricas típicas se encuentran por encima de 23 m/s (4500 pies/min) y pueden superar los 40 m/s (7900 pies/min). Para el fin de la presente exposición el término "alto cizallamiento" hace referencia a los dispositivos de rotor-estator mecánicos, como mezcladores o molinos, que son capaces de alcanzar velocidades periféricas superiores a 5 m/s (1000 pies/min) y necesitan un dispositivo de alimentación externo accionado mecánicamente para llevar energía a la corriente de productos a reaccionar. En determinados casos, se puede lograr una velocidad periférica superior a 22,9 m/s (4500 pies/min) y puede exceder de 225 m/s (44.200 pies/min). Un dispositivo de alto cizallamiento combina altas velocidades periféricas con un espacio de cizallamiento muy pequeño para producir un cizallamiento/fricción significativos sobre el material que se está procesando. Por lo tanto, puede producirse una presión local en el intervalo de aproximadamente 1000 MPa (aproximadamente 145.000 psi) y aproximadamente 1050 MPa (152.300 psi) y temperaturas elevadas en la punta del mezclador de cizallamiento durante el funcionamiento (dependiendo del espacio de cizallamiento y la velocidad periférica y otros factores). En determinados modos de realización, la presión local es al menos de aproximadamente 1034 MPa (aproximadamente 150.000 psi). La presión local

depende además de la velocidad periférica, viscosidad del fluido y del espacio rotor-estator durante el funcionamiento.

[0040] Puede realizarse una aproximación de la entrada de energía en el fluido (kW//min) midiendo la energía motriz (kW) y la salida de fluido (l/min). En algunos modos de realización, el gasto de energía de un dispositivo de alto cizallamiento es superior a 1000 W/m^3 . En algunos modos de realización, el gasto de energía se encuentra en el intervalo de aproximadamente 3000 W/m^3 y aproximadamente 7500 W/m^3 . El dispositivo de alto cizallamiento 200 combina altas velocidades periféricas con un espacio de cizallamiento muy pequeño para producir un cizallamiento significativo sobre el material. La cantidad de cizallamiento normalmente depende de la viscosidad del fluido. El índice de cizallamiento es la velocidad periférica dividido por el ancho del espacio de cizallamiento (margen mínimo entre el rotor y estator). El índice de cizallamiento generado en el dispositivo de alto cizallamiento 200 puede ser superior a 20.000 s^{-1} . En algunos modos de realización, el índice de cizallamiento es al menos de 40.000 s^{-1} . En algunos modos de realización, el índice de cizallamiento es al menos de 100.000 s^{-1} . En algunos modos de realización, el índice de cizallamiento es al menos de 500.000 s^{-1} . En algunos modos de realización, el índice de cizallamiento es al menos de $1.000.000 \text{ s}^{-1}$. En algunos modos de realización, el índice de cizallamiento es al menos de $1.600.000 \text{ s}^{-1}$. En algunos modos de realización, el índice de cizallamiento generado por el HSD 40 se encuentra en el intervalo de 20.000 s^{-1} y 100.000 s^{-1} . Por ejemplo, en una aplicación la velocidad periférica del rotor es aproximadamente 40 m/s

[0041] (7900 pies/min); el ancho del espacio de cizallamiento es $0,0254 \text{ mm}$ ($0,001$ pulgadas), lo que produce un índice de cizallamiento de $1.600.000 \text{ s}^{-1}$. En otra aplicación del rotor, la velocidad periférica es aproximadamente $22,9 \text{ m/s}$ (4500 pies/min) y el ancho del espacio de cizallamiento es de $0,0254 \text{ mm}$ ($0,001$ pulgadas), produciendo un índice de cizallamiento de aproximadamente 901.600 s^{-1} . En algunos modos de realización en los que el rotor tiene un diámetro mayor, el índice de cizallamiento puede exceder de aproximadamente $9.000.000 \text{ s}^{-1}$.

[0042] El dispositivo de alto cizallamiento 200 produce una emulsión de gas capaz de permanecer dispersa a presión atmosférica durante al menos aproximadamente 15 minutos. Para el fin de esta exposición, una emulsión de burbujas, glóbulos o partículas de gas en la fase dispersa en la dispersión de producto 210 que es menor de $1,5 \mu\text{m}$ en diámetro puede comprender una microespuma. Sin intención de quedar limitados a una teoría específica, se sabe en química de emulsiones que las partículas, glóbulos o burbujas submicrónicas dispersas en un líquido experimentan movimiento principalmente a través de los efectos de movimiento brownianos.

[0043] La selección del dispositivo de alto cizallamiento 200 depende de los requisitos de rendimiento y el tamaño de burbuja o partícula deseado en la dispersión de salida 210. En determinados casos, el dispositivo de alto cizallamiento 200 comprende un Dispax Reactor® de IKA® Works, Inc. Wilmington, NC y APV North America, Inc. Wilmington, MA. El modelo DR 2000/4, por ejemplo, comprende una transmisión por correa, generador 4M, anillo de sellado de PTFE, abrazadera sanitaria de 1 pulgada ($2,54 \text{ cm}$) de brida de entrada, abrazadera sanitaria de $3/4$ de pulgada ($1,90 \text{ cm}$) de brida de salida, potencia 2HP ($2,02 \text{ CV}$), velocidad de salida de 7900 rpm , capacidad de flujo (agua) aproximadamente 300 l/h a aproximadamente 700 l/h (según el generador), una velocidad periférica de desde $9,4 \text{ m/s}$ a aproximadamente 41 m/s (desde aproximadamente 1850 pies/min a aproximadamente 8070 pies/min). Existen diversos modelos alternativos disponibles que tienen diversas conexiones de entrada/salida, caballos de potencia, velocidades periféricas, rendimiento rpm, e índice de flujo. Por ejemplo, un Super Dispax Reactor DRS 2000. La unidad RFB puede ser una unidad DR 2000/50, que tiene una capacidad de flujo de 125.000 litros por hora, o una DRS 2000/50 que tiene una capacidad de flujo de 40.000 litros/hora.

[0044] Sin desear quedar limitados por una teoría concreta, se cree que el nivel o grado de mezclado de alto cizallamiento es suficiente para aumentar los índices de transferencia de masa y puede producir condiciones no ideales localizadas que permiten que sucedan las reacciones que de otro modo no se esperaría que ocurrieran basándonos en la predicciones de energía libre de Gibbs. Se cree que ocurren condiciones no ideales localizadas en el dispositivo de alto cizallamiento resultando en temperaturas y presiones aumentadas, creyéndose que el aumento más significativo se da en las presiones localizadas. El aumento en las presiones y temperaturas en el dispositivo de alto cizallamiento es instantáneo y localizado y vuelve rápidamente a las condiciones del sistema medias o de conjunto una vez que sale del dispositivo de alto cizallamiento. En algunos casos, el dispositivo de mezclado de alto cizallamiento induce cavitación de intensidad suficiente como para disociar uno o más de los reactantes en radicales libres, lo que puede intensificar una reacción química o permitir que tenga lugar una reacción en condiciones menos rigurosas de lo exigido de otro modo. La cavitación puede aumentar también los índices de los procesos de transporte mediante la producción de turbulencia local y microcirculación líquida (corriente acústica).

5 [0045] Aunque se han mostrado y descrito los modos de realización preferidos de la invención, aquellos expertos en la técnica pueden realizar modificaciones a los mismos sin alejarse del espíritu y principios de la invención. Los modos de realización aquí descritos constituyen ejemplos únicamente, y no pretenden tener carácter limitativo. Son posibles numerosas variaciones y modificaciones de la invención revelada aquí y se encuentran dentro del alcance de la invención. Cuando se mencionan expresamente intervalos o límites numéricos, debería entenderse que dichos intervalos o límites expresos incluyen intervalos o límites iterativos de magnitudes iguales que recaen dentro de los intervalos o límites expresamente mencionados (p.ej., de aproximadamente 1 a aproximadamente 10 incluye 2, 3, 4, etc.; superior a 0,10 incluye 0,11; 0,12; 0,13; etc.). El uso del término "opcionalmente" con respecto a cualquier elemento de una reivindicación pretende significar que el elemento en cuestión es necesario, o alternativamente, no es necesario. Se pretende que ambas alternativas recaigan dentro del alcance de la reivindicación. El uso de términos más amplios como comprende, incluye, presenta, etc. Debe entenderse que respalda términos más específicos como consta de, consta esencialmente de, está constituido sustancialmente por, y similares.

10 [0046] De este modo, el alcance de protección no queda limitado por la descripción expuesta anteriormente sino que solo queda limitada por las reivindicaciones que siguen.

20

25

30

35

Reivindicaciones

1. Un método para producir combustibles aireados, que comprende:

proporcionar un dispositivo de alto cizallamiento (40, 200) que tiene al menos un conjunto de rotor/estator dentado (220, 230, 240) configurado para producir una velocidad periférica de al menos 5 m/s;

introducir un gas y un combustible líquido en dicho dispositivo de alto cizallamiento (40, 200); y

formar una emulsión de gas y combustible líquido, donde dicho gas comprende burbujas con un diámetro medio inferior a aproximadamente 5 µm para formar combustible aireado.
2. El método de la reivindicación 1, donde formar una emulsión comprende además formar burbujas de gas que tengan un diámetro medio de menos de aproximadamente 1,5 µm en el dispositivo de alto cizallamiento (40, 200).
3. El método de la reivindicación 1, donde el dispositivo de alto cizallamiento está configurado para tener una velocidad periférica de más de aproximadamente 23 m/s.
4. El método de la reivindicación 1 donde dicho dispositivo de alto cizallamiento (40, 200) está configurado para producir una presión localizada de al menos aproximadamente 1000 MPa en la punta.
5. El método de la reivindicación 1, que incluye someter dicho combustible líquido y burbujas de gas a un índice de cizallamiento superior a aproximadamente 20.000s⁻¹.
6. El método de la reivindicación 1, donde dicho dispositivo de alto cizallamiento (40, 200) está configurado para un gasto de energía de al menos 1000 W/m³.
7. El método de la reivindicación 1, donde dicha emulsión comprende una mezcla de combustible líquido y gas superior a aproximadamente el Límite Superior de Explosividad (LSE) del combustible líquido.
8. El método de la reivindicación 1, donde la emulsión comprende una microespuma de combustible aireado.
9. El método de la reivindicación 1, donde la introducción de un gas y un combustible líquido comprende presurizar el combustible líquido, opcionalmente dicha presurización del combustible líquido comprende una presión de al menos aproximadamente 203 kPa (2 atm).
10. El método de la reivindicación 1, que comprende además

la inyección del combustible aireado en una cámara de combustión; y

la combustión del combustible aireado para producir fuerza mecánica, opcionalmente donde la inyección del combustible aireado comprende además incluir un gas oxidante a una relación estequiométrica, y puede comprender además introducir la emulsión en la cámara de combustión en exceso estequiométrico.
11. Un sistema para la producción de combustibles aireados, que comprende:

una bomba (5) situada aguas arriba de un dispositivo de alto cizallamiento (40, 200), la bomba (5) en conexión de fluido con una entrada del dispositivo de alto cizallamiento;

el dispositivo de alto cizallamiento (40, 200) presentando al menos un conjunto de rotor/estator dentado (220, 230, 240), configurado para producir una velocidad periférica de al menos 5 m/s, que produce una emulsión de gas en el combustible, la emulsión presentando un diámetro de burbuja medio de menos de aproximadamente 1,5 µm; y

un motor (10) configurado para la combustión de la emulsión.
12. El sistema de la reivindicación 11, donde el dispositivo de alto cizallamiento (40, 200) presenta una velocidad periférica superior a 23 m/s, opcionalmente dicho dispositivo de alto cizallamiento (40, 200) estando configurado para producir un índice de cizallamiento superior a aproximadamente 20.000s⁻¹.
13. El sistema de la reivindicación 11, donde dicho dispositivo de alto cizallamiento (40, 200) está configurado para producir una presión localizada de al menos aproximadamente 1000 MPa en la punta.
14. El sistema de la reivindicación 11, donde dicha emulsión comprende una mezcla de combustible líquido y gas superior a aproximadamente el Límite Superior de Explosividad (LSE) del combustible líquido.

15. El método de la reivindicación 1 o el sistema de la reivindicación 11, donde el gas comprende al menos uno elegido entre el grupo constituido por aire, metanol, óxido nitroso, propano, nitrometano, oxalato, nitratos orgánicos, acetona, queroseno, tolueno o tricarbonilo metilciclopentadienil de manganeso.

5

10

15

20

25

30

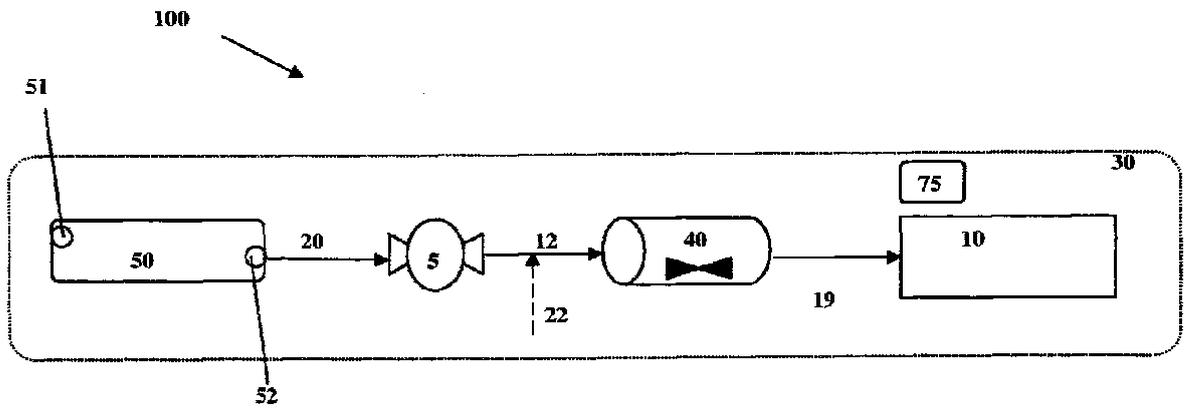


FIG. 1

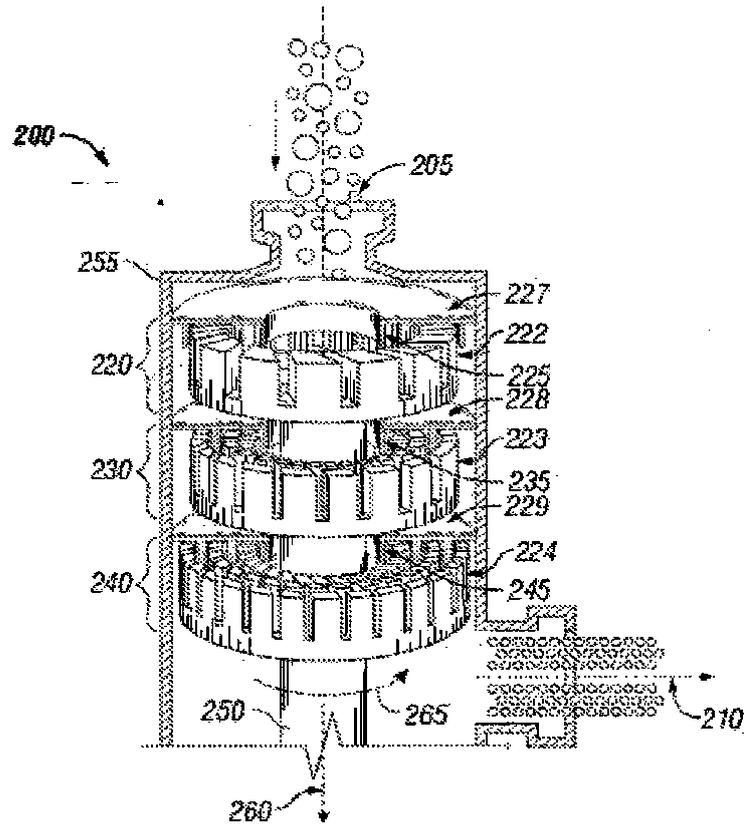


FIG. 2