

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 985 046**

51 Int. Cl.:

B01F 23/41 (2012.01)
B01F 23/451 (2012.01)
B01F 25/314 (2012.01)
B01F 25/50 (2012.01)
F02M 25/022 (2006.01)
B01F 101/00 (2012.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.10.2015** **E 15188271 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.04.2024** **EP 3002055**

54 Título: **Un método para preparar una emulsión, un dispositivo para preparar dicha emulsión y un vehículo**

30 Prioridad:

04.10.2014 NL 2013573
01.07.2015 NL 2015063

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.11.2024

73 Titular/es:

OCRI B.V. (100.0%)
Olymplaplein 34-3
1076 AC Amsterdam, NL

72 Inventor/es:

PELS, WILKO KAREL ANTHONIUS y
BRUINSMA, OEBELE HERMAN

74 Agente/Representante:

IZQUIERDO BLANCO, María Alicia

ES 2 985 046 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

Un método para preparar una emulsión, un dispositivo para preparar dicha emulsión y un vehículo

5 La presente invención se refiere a un método para preparar una emulsión que comprende un primer líquido y un segundo líquido, dicho método comprendiendo el paso de dispersar el primer líquido en el segundo líquido.

10 En el técnica de elaboración de emulsiones se sabe de manera general que cuanto más pequeñas sean las gotitas, más estable será la emulsión.

15 Se conocen varios métodos para la preparación de una emulsión a partir de líquidos inmiscibles, opcionalmente usando un agente estabilizador para potenciar la estabilidad de la emulsión preparada. Tal método consiste en separar el primer líquido en gotitas pequeñas, por ejemplo, mediante la rotación de un impulsor en un recipiente que contiene el primer líquido y el segundo líquido, o aplicando ultrasonidos a una premezcla de dichos líquidos.

20 La WO2012011873 y la GB2233572 divulgan un método para preparar una emulsión inyectando un chorro, es decir, no una pulverización, de agua mediante una boquilla en un segundo líquido altamente turbulento. Las condiciones de mezclado altamente turbulentas requieren una cantidad significativa de energía, provocando un aumento de la temperatura de la emulsión resultante. Esto afecta negativamente a su estabilidad. La WO2011/040837 divulga un método para preparar una emulsión usando agua sobrecalentada, que hierve violentamente tras una caída de presión a través de una boquilla y se acelera a grandes velocidades. La DE19650559 se refiere a un elemento de conexión para introducir combustible y agua en una válvula de inyección de un motor de combustión interna diésel. El agua se introduce radialmente en un conducto de combustible justo antes de la inyección en el motor diésel.

25 El método de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 es conocido por la DE19650559C1.

El objetivo de la presente invención es proporcionar un método alternativo.

30 Con este fin, la presente invención proporciona un método para preparar una emulsión según la materia de la reivindicación 1, que comprende un primer líquido y un segundo líquido, dicho método comprendiendo el paso de dispersar el primer líquido en el segundo líquido, en donde el método comprende: pasar el primer líquido a través de una boquilla de inyección para crear una pulverización de gotitas del primer líquido, en donde el primer líquido se inyecta en un recipiente que proporciona una longitud de trayectoria libre para la pulverización desde la boquilla que es mayor que la profundidad de penetración de la pulverización en el segundo líquido, y la inyección del primer líquido se realiza en más de un paso de inyección; e inyectar el primer líquido en forma de las gotitas de primer líquido así creadas en el segundo líquido de tal manera que Q , donde Q es igual al cuadrado de la velocidad de las gotitas, la velocidad siendo la velocidad de salida del primer líquido de la boquilla en el aire a una temperatura estándar de 20° C y una presión de aire ambiente de 1 atm, sea de por lo menos de $225 \text{ m}^2/\text{s}^2$; donde W , donde W es $sg * Q * d$ dividido por St , siendo sg la gravedad específica del primer líquido en kg/m^3 , siendo d el diámetro medio de gotita Sauter en metros de la pulverización que sale de la boquilla de inyección en el aire, y St es la tensión superficial del primer líquido en Newton/metro; es por lo menos $250 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{N} \cdot \text{s}^2$.

45 La alta velocidad hace que las gotitas inyectadas de la pulverización producida por la boquilla se deshagan aún más en el segundo líquido, es decir, en la masa del propio segundo líquido, reduciendo u obviando la necesidad de someter la emulsión resultante a fuerzas de cizallamiento emulsionantes adicionales usando medios mecánicos adicionales un (como un impulsor, engranajes de una emulsionadora de bomba de engranajes, etc.) que también aumentarían la temperatura del segundo líquido y, por tanto, serían menos eficientes desde el punto de vista energético. El proceso hace que las gotitas del primer líquido, por ejemplo agua, se dispersen en el segundo líquido, por ejemplo un combustible como el diésel, incluso sin agitación, aunque se prefiere una homogeneización concomitante o posterior. El método permite producir la emulsión con relativa rapidez y en cantidades significativas. El volumen del equipo necesario es relativamente pequeño.

50 Como la separación del primer líquido se produce casi inmediatamente después de la inyección, puede reducirse el tiempo de preparación de la emulsión. Además, el método permite la preparación de emulsiones en pequeños volúmenes a la vez, si así se desea. El método también es adecuado para la preparación continua, lo que será ventajoso para algunas de las muchas aplicaciones para las que sirven las emulsiones en el mundo.

60 Al usar un recipiente que proporcione una longitud de trayectoria libre para la pulverización desde la boquilla que sea mayor que la profundidad de penetración de la pulverización en el segundo líquido, se evita la coalescencia del primer líquido en una pared opuesta a la boquilla. La anchura del recipiente se elegirá de tal manera que sea más ancho que la anchura del cono de pulverización de la boquilla.

65 La cantidad inyectada por pulso es habitualmente menos de 5 ml por período, preferiblemente menos de 2 ml por período (pulso), más preferiblemente menos de 1 ml por período. Una dosificación tan baja por la inyección del

primer líquido realizada en más de un paso de inyección es útil en el caso de inyección continua e inyección pulsada, ya sea o no con recirculación, y parece resultar en una mayor estabilidad de la emulsión resultante. Actualmente se prefiere la recirculación.

5 La distribución del tamaño de las gotitas se determinará con un analizador de partículas por efecto Doppler de fase, en particular usando un PDPA de TSI Incorporated. Usando la densidad del primer líquido, puede calcularse la masa de las gotitas de ese tamaño. El diámetro medio de gotita de Sauter se determina de manera similar con un dispositivo de este tipo.

10 La inyección del primer líquido en el segundo líquido puede realizarse a través de un espacio, como un espacio de aire, entre la boquilla y el segundo líquido, pero se ha descubierto que es más eficaz que la inyección se produzca directamente en el segundo líquido, es decir, con la boquilla sumergida en el segundo líquido. Se ha descubierto que esto reduce la formación de espuma.

15 En una aplicación importante de la presente invención, el primer líquido es un líquido acuoso, preferiblemente agua, y el segundo líquido es un líquido que contiene hidrocarburos, en particular un combustible como el fueloil. Los combustibles preferidos son la gasolina y el queroseno, y el más preferido es el diésel. Las emulsiones preparadas pueden usarse para lograr ahorros significativos en el consumo de combustible. Una emulsión de diésel contendrá, por ejemplo, del 0,2 al 10% en vol. de agua, preferiblemente del 1 al 7% en vol. Una emulsión de gasolina contendrá, por ejemplo, del 0,1 al 2% en vol., preferiblemente del 0,2 al 1,5% en vol.

20 En general, la caída de presión sobre la boquilla será de por lo menos 10 y preferiblemente de por lo menos 15 bares, para inyectar gotitas creadas de un tamaño relativamente pequeño. En la práctica, las caídas de presión usadas serán mucho mayores, por ejemplo de por lo menos 20 bares, preferiblemente de por lo menos 30 bares.

25 Esta importante aplicación no quiere decir que no tengan relevancia otras aplicaciones. De hecho, el método de acuerdo con la invención puede usarse para preparar emulsiones para la industria alimentaria o farmacéutica, según se desee.

30 En el caso del segundo líquido que comprende un combustible, se ha descubierto ventajoso si la emulsión de combustible comprende manitol, que se descubrió que estabiliza la emulsión y ayuda a mantener la estabilidad de la emulsión por debajo de 0°C.

35 Si el primer líquido es agua, el agua puede ser cualquier agua, pero especialmente en el caso de un combustible como segundo líquido se prefiere que el agua tenga una conductividad eléctrica de más de 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$, preferiblemente de más de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (ambas medidas a 25°C). Se ha descubierto que esto tiene un efecto estabilizador con respecto al agua que tiene una conductividad más baja.

40 Con el método de acuerdo con la invención, se recomienda evitar altas concentraciones locales de primer líquido en el segundo líquido. Esto puede promoverse mediante la inyección por pulsos, ya que el impulso de la inyección arrastra el segundo líquido como resultado de que el segundo líquido recién preparado se desplaza delante de la boquilla de inyección. Sin embargo, se prefiere la homogeneización activa y/o la eliminación de la emulsión formada delante de la boquilla. Esto puede lograrse mediante agitación, bombeo, etc.

45 Para obtener el rendimiento más alto de la emulsión, debe evitarse que las gotitas que salen de la boquilla y se desplazan a través del segundo líquido golpeen una pared opuesta de un recipiente u otra cámara en la que se realiza la inyección.

50 Se prefiere que el primer líquido sea un líquido acuoso. El segundo líquido es preferiblemente un líquido inmiscible con el agua. El método puede incluir la adición de aditivos como un agente estabilizador de la emulsión, que son bien conocidos en la técnica.

55 Q puede calcularse a partir de la velocidad de salida del primer líquido de la boquilla en aire a temperatura estándar (20°C) y presión del aire ambiente (1 atm). Esta velocidad de salida puede calcularse a partir del caudal que atraviesa la boquilla de inyección y de la superficie en sección transversal de la abertura de la boquilla.

Se prefiere que las gotitas se inyecten a una velocidad mayor, de tal manera que Q sea por lo menos 900 m^2/s^2 , y más preferiblemente por lo menos 2209 m^2/s^2 . Esto da como resultado emulsiones que permanecen estables durante periodos de tiempo más largos.

60 En general, las gotitas del aerosol tienen un diámetro de menos de 200 micrómetros. Preferiblemente, las gotitas del pulverizador tienen un diámetro de menos de 100 micrómetros, más preferiblemente de menos de 75 micrómetros y más preferiblemente de menos de 50 micrómetros.

65 Preferiblemente, las gotitas de la pulverización tienen un diámetro Sauter medio de menos de 100, más

preferiblemente menos de 40 micrómetros, incluso más preferiblemente menos de 15 micrómetros y más preferiblemente menos de 6 micrómetros. Esto permite la preparación de emulsiones que son suficientemente estables a largo plazo para su uso como combustible. También reduce el riesgo de que las gotitas choquen contra una pared opuesta, lo que podría provocar la coalescencia.

5 De acuerdo con una realización favorable, la temperatura del primer líquido es por lo menos 10°C más alta que la temperatura del segundo líquido.

10 Por tanto se reduce la viscosidad y/o la tensión superficial del primer líquido, facilitando la separación en el segundo líquido. Preferiblemente, la diferencia de temperatura es de por lo menos 20°.

De acuerdo con una realización favorable, antes de la pulverización se realiza por lo menos una operación elegida entre i) se calienta el primer líquido, y ii) se enfría el segundo líquido.

15 Aumentar la temperatura se hará en general con por lo menos 5°C, preferiblemente por lo menos 10°C, más preferiblemente por lo menos 20°C. De manera similar, la disminución de la temperatura se hará en general con por lo menos 5°C, preferiblemente por lo menos 10°C, más preferiblemente por lo menos 20°C. En caso de que el método se realice con un dispositivo en un vehículo, como un coche o un camión, puede usarse el aircor para enfriar el segundo líquido (incluyendo una emulsión que comprende el segundo líquido) en el que se inyecta el primer líquido. Puede usarse el calor del motor para calentar el primer líquido.

20 De acuerdo con una realización favorable, W es de por lo menos 500 kg*m/N*s², preferiblemente de por lo menos 960 kg*m/N*s², más preferiblemente de por lo menos 1250 kg*m/N*s², incluso más preferiblemente de por lo menos 2500 kg*m/N*s² y más preferiblemente de por lo menos 5000 kg*m/N*s².

25 Este resultado es una emulsión más estable. Se prefiere incluso más si W es de más de 8*10³ kg*m/N*s², en particular más de 10⁴ kg*m/N*s². Para valores de W de 960 kg*m/N*s² o más, se prefiere que Q sea de por lo menos 900 m²/s².

30 De acuerdo con una realización favorable, la inyección se realiza con un caudal fluctuante del primer líquido que pasa a la boquilla de inyección.

35 Al fluctuar la inyección del primer líquido en el segundo líquido, preferiblemente cíclicamente, se ha descubierto que mejora la estabilidad de la emulsión resultante. Esto puede deberse a la reducción del riesgo de altas concentraciones locales en el primer líquido inyectado, por ejemplo, porque el primer líquido inyectado se ha alejado de la boquilla y es sustituido por un segundo líquido recién preparado. El término fluctuante significa que en cualquier intervalo de tiempo de 1 minuto, el caudal más bajo es inferior al 30% del caudal más alto en ese intervalo de tiempo, preferiblemente de menos del 10% y más preferiblemente del 0%. Preferiblemente, hay un gran número de periodos que tienen un caudal tan bajo, con una duración del pulso de, por ejemplo, menos de 1 segundo, preferiblemente menos de 0,2 segundos, más preferiblemente menos de 0,05 segundos. La cantidad inyectada por pulso es habitualmente menor de 5 ml por período, preferiblemente de menos de 2 ml por período (pulso), más preferiblemente de menos de 1 ml por período.

45 De acuerdo con una realización favorable, el segundo líquido se hace pasar a lo largo de la boquilla de inyección.

50 Este movimiento activo del segundo líquido reduce el riesgo de concentraciones locales relativamente altas del primer líquido, que podrían provocar la coalescencia del mismo y, por tanto, una estabilidad reducida de la emulsión y, en particular, la segregación del primer líquido de la emulsión.

55 Una manera favorable de funcionamiento es la pulverización continua del primer líquido, en donde el caudal del segundo líquido es relativamente alto con respecto al caudal del primer líquido, por ejemplo, en una proporción de por lo menos 70, preferiblemente de por lo menos 120 y más preferiblemente de por lo menos 200 y lo más preferible de por lo menos 400. Las proporciones relativamente bajas son adecuadas para la inyección en un solo pase, mientras que las proporciones más altas se prefieren para inyecciones de múltiples pases con recirculación de la emulsión formada o para la formación de emulsiones en un solo pase con múltiples inyecciones consecutivas en sentido descendente una de otra. Se prefiere que en la localización de inyección del primer líquido, el segundo líquido tenga un número de Reynold de menos de 25000, más preferiblemente de menos de 22000, incluso más preferiblemente de menos de 17000 y lo más preferiblemente de menos de 12000, para reducir la energía requerida para preparar la emulsión y/o evitar un aumento significativo de la temperatura que podría afectar a la estabilidad de la emulsión resultante.

65 La emulsión resultante puede homogeneizarse antes de inyectar más del primer líquido, por ejemplo colocando dos o más boquillas de inyección a lo largo del flujo para la inyección escalonada, para obtener gradualmente la concentración deseada del primer líquido en la emulsión. El número de inyecciones consecutivas es,

por ejemplo, de por lo menos 5, preferiblemente de por lo menos 10.

El segundo líquido puede pasarse en una primera dirección a lo largo de la boquilla, y la inyección del primer líquido se realiza en una segunda dirección, en donde la primera dirección tiene un ángulo de inclinación con respecto a la segunda dirección que se encuentra entre 30 y 180 grados (donde 180° es que la dirección media de la pulverización es la misma que la del flujo del segundo líquido), preferiblemente entre 45 y 135 grados.

De acuerdo con una realización favorable, se usa un circuito de circulación que comprende una sección de inyección donde se inyecta el primer líquido, y el método comprende el paso de hacer circular la emulsión que comprende el segundo líquido a través del circuito de circulación antes de inyectar más del primer líquido en dicha emulsión.

Por tanto, la concentración del primer líquido se aumenta gradualmente, y se ha descubierto que es beneficioso para la formación de emulsiones relativamente más estables. El número de pasos de inyección es preferiblemente de por lo menos 5, y más preferiblemente de por lo menos 10. La recirculación promueve la homogeneización y reduce el riesgo de concentraciones locales altas que podrían dar como resultado más fácilmente la coalescencia del primer líquido. La homogeneización puede mejorarse de cualquier manera, como usando un mezclador estático (por ejemplo, en sentido descendente o en la sección de inyección, aunque también puede usarse ligeramente en sentido ascendente), la bomba usada para la recirculación, medios para mezclar activamente como un impulsor de baja velocidad, etc. Un circuito de recirculación es un circuito que comprende uno o más conductos, una bomba y una o más válvulas de control, como se conoce en la técnica.

De acuerdo con una realización favorable, se usa un circuito de circulación que comprende

- una sección de inyección en la que se inyecta el primer líquido, y
- un sumidero; y

el método comprende el paso de drenar el primer líquido segregado de dicho sumidero.

Si el primer líquido se segrega de la emulsión, se recogerá en el sumidero. Este sumidero es ventajoso, por ejemplo, si el circuito de circulación no se usa durante un periodo de tiempo prolongado mientras contiene la emulsión. Si el primer líquido tiene una densidad menor que la del segundo líquido, flotará y el término sumidero incluye una sección del circuito de circulación donde se acumula el primer líquido.

Ventajosamente, el primer líquido segregado se reinyecta. Esto permite reutilizar el primer líquido segregado, reduciendo por tanto la cantidad de desechos producidos.

De acuerdo con una realización favorable, por lo menos uno de i) el primer líquido, y ii) el segundo líquido se somete a un tratamiento de desgasificación antes de inyectar las gotitas en el segundo líquido.

Se ha descubierto que esto parece mejorar la formación de gotitas más pequeñas. La desgasificación (eliminación del aire) puede realizarse de cualquier manera, por ejemplo, mediante un cambio de temperatura y/o una presión reducida. En cualquier caso, es preferible que no haya gas libre. Es incluso más preferible que por lo menos uno del primer líquido y del segundo líquido no esté saturado de gas, preferiblemente ambos.

La presente invención también se refiere a un dispositivo según la materia de la reivindicación 10, para preparar una emulsión que comprende

un primer líquido y un segundo líquido, dicho dispositivo comprendiendo

- una cámara, y
- un órgano para dispersar el primer líquido en el segundo líquido; el órgano comprendiendo una boquilla de inyección con una entrada para el primer líquido y una salida para las gotitas creadas del primer líquido, la boquilla de inyección abriéndose en la cámara,

el dispositivo comprende además una bomba para pasar el primer líquido a la boquilla de inyección; en donde la bomba y la boquilla de inyección son capaces de

- crear una pulverización de gotitas de agua en el aire con una velocidad de salida tal que Q , donde Q es igual al cuadrado de dicha velocidad de salida de las gotitas, la velocidad siendo la velocidad de salida del primer líquido de la boquilla en el aire a temperatura estándar de 20°C y presión de aire ambiente de 1 atm, es de por lo menos $225 \text{ m}^2/\text{s}^2$,
- lograr un W de por lo menos $1,250 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{N} \cdot \text{s}^3$, en donde W es $sg \cdot Q \cdot d$ dividido por St con
- sg siendo la gravedad específica del primer líquido en kg/m^3 ,

- d siendo el diámetro medio de gotita de Sauter en metros de la pulverización que sale de la boquilla de inyección en el aire, y
- St es la tensión superficial del primer líquido en Newton/metro;

5 en donde el dispositivo comprende además

- una válvula de fluido dispuesta entre la bomba y la boquilla de inyección, y
- una unidad de control dispuesta para controlar dicha válvula de fluido para variar el caudal del primer líquido que se ha pasado a la boquilla de inyección, de tal manera que la inyección del primer líquido en el segundo líquido se realiza con un caudal fluctuante del primer líquido que ha pasado a la boquilla de inyección, en donde en un intervalo de tiempo de 1 minuto el caudal más bajo del primer líquido es inferior al 30% del caudal más alto del primer líquido y hay un número de periodos que tienen dicho caudal más bajo con una duración de pulso de menos de 1 segundo, preferiblemente de menos de 0,2 segundos, en donde la unidad de control está adaptada para controlar la válvula de fluido de tal manera que la cantidad de primer líquido inyectado por pulso sea de menos de 5 ml por período.

Dicho dispositivo es adecuado para realizar el método de acuerdo con la invención. El dispositivo de acuerdo con la invención es adecuado para el funcionamiento por lotes y continuo, según se desee.

20 Cabe señalar que en la presente solicitud, junto con la boquilla de inyección, el término "bomba" es un término funcional, y se refiere a cualquier medio que sea capaz de hacer pasar el primer líquido a través de la boquilla a la vez que genera una pulverización de gotitas, por ejemplo, una bomba de desplazamiento, un impulsor y/o un recipiente presurizado. Una diferencia de presión típica necesaria para alcanzar el valor mínimo de Q mencionado anteriormente en la boquilla de inyección es de 7 bares o más, por ejemplo 10 bares o más. Si la boquilla de inyección incluye una 25 válvula de retención para evitar fugas, los valores de presión mencionados anteriormente son valores netos, es decir, el valor de una diferencia de presión que puede medirse sobre la boquilla de inyección menos el valor de presión necesario para superar la válvula de retención.

30 En relación con esta reivindicación independiente, el término aire significa aire a presión atmosférica (1 Bar) a 20°C.

Se prefiere que el dispositivo sea capaz de inyectar gotitas con un valor de Q de por lo menos 900 m²/s², preferiblemente de por lo menos 2209 m²/s². Un dispositivo de este tipo es capaz de preparar emulsiones más estables que los dispositivos que solo alcanzan valores menores de Q.

35 El dispositivo consiste en

- una válvula de fluido dispuesta entre la bomba y la boquilla de inyección, y
- una unidad de control dispuesta para controlar dicha válvula de fluido para variar el caudal del primer líquido que ha pasado a la boquilla de inyección.

40 Esto permite que el dispositivo funcione por pulsos. Se prefiere que el dispositivo comprende una bomba adicional para pasar el segundo líquido a través de la cámara. Esto ayuda a reducir el riesgo de concentraciones locales elevadas del primer líquido que podrían dar como resultado la coalescencia del mismo, lo que reduciría la estabilidad de la emulsión formada. La bomba puede ser cualquiera bomba y, para la mayoría de las aplicaciones, sólo necesitará funcionar a una presión reducida, por ejemplo, a menos de 1 Bar de sobrepresión (en comparación con la presión atmosférica).

50 De acuerdo con una realización favorable, el dispositivo comprende un circuito de circulación, dicho circuito de circulación comprendiendo

- una bomba de circulación para hacer circular la emulsión,
- una entrada para un líquido que comprende el segundo líquido, y
- una salida para descargar la emulsión.

55 La sección de inyección puede estar situada entre la entrada del líquido que contiene el segundo líquido y/o puede formar parte del circuito de circulación. Esta última realización permite un aumento gradual de la concentración del primer líquido en la emulsión en el circuito de circulación, evitando por tanto concentraciones locales elevadas de dicho primer líquido. En este caso, la bomba adicional mencionada anteriormente será la bomba de circulación. Ambas realizaciones permiten la homogeneización en el circuito de circulación. Ya se conoce un sistema de circulación para pasar combustible a un motor de combustión de un vehículo como un camión. Este sistema de circulación ventajosamente forma parte del dispositivo de acuerdo con la invención.

60 Por último, la presente invención se refiere al vehículo definido en las reivindicaciones 12 o 13.

65

Ejemplos no limitativos de tipos de vehículos en los que puede aplicarse ventajosamente el dispositivo son motocicletas, automóviles, camiones, barcos y aviones.

Ahora se ilustrará la invención con referencia a la sección de ejemplo siguiente, y con referencia a los dibujos en donde

La Fig. 1 muestra un diagrama esquemático de una primera realización de un dispositivo de acuerdo con la invención dispuesto para el procesamiento por lotes;

La Fig. 2 muestra un diagrama esquemático de una segunda realización de un dispositivo de acuerdo con la invención dispuesto para el procesamiento continuo;

La Fig. 3a muestra esquemáticamente una vista lateral en alzado de una tercera realización de un dispositivo de acuerdo con la invención dispuesto para procesamiento continuo;

La Fig. 3b muestra esquemáticamente una sección transversal del dispositivo de la Figura 3a;

La Fig. 4 muestra esquemáticamente una cuarta realización de un dispositivo de acuerdo con la invención para el procesamiento por lotes; y

La Fig. 5 muestra una vista lateral esquemática de un vehículo que comprende un dispositivo de acuerdo con la invención.

La Fig. 1 muestra un dispositivo 100 para preparar una emulsión que comprende un primer recipiente 101 que sirve como recipiente de procesamiento y está provisto de un conducto de suministro 102 para un primer líquido acuoso, un conducto de suministro 103 para un segundo líquido y un conducto de descarga 104 para la emulsión. El conducto de suministro 102 para el primer líquido acuoso contiene una bomba de suministro 105, en este ejemplo una bomba centrífuga, y termina en un inyector 106. En la realización mostrada, el inyector es un tipo de inyector disponible comercialmente, proporcionado por ERL Ltd de Sussex, BN10BHF Inglaterra, número de pieza 806-508B.

El conducto de descarga 104 para la emulsión comprende una válvula 107 para permitir el funcionamiento por lotes del método en el primer recipiente 101.

Cuando se maneja el dispositivo, el recipiente de procesamiento 101 se llena primero parcialmente con el segundo líquido, en este ejemplo combustible diésel, a través del conducto de suministro 103, y la válvula 107 está en estado cerrado. En este ejemplo, el nivel de superficie del segundo líquido es más alto que el del extremo inferior del inyector 106, cuyo extremo comprende una boquilla de inyección 108 (Aquamist 806-508B, Aquamist, Reino Unido) situada en el interior del primer recipiente 101.

A continuación, se activa la bomba de suministro 105, y el primer líquido acuoso, en este ejemplo agua del grifo, se presuriza y se pasa al inyector 106 y, en particular, a su boquilla de inyección 108, para luego inyectarse en el combustible diésel en el primer recipiente 101.

La bomba de suministro 105 se elige y maneja para aplicar una presión suficientemente alta al líquido que sale de la bomba de suministro 105 para proporcionar a las gotitas de agua creadas por la boquilla de inyección 108 una alta velocidad, es decir, energía cinética, para distribuir el primer líquido en el segundo líquido como partículas muy pequeñas y crear de este modo una emulsión relativamente estable.

La inyección de agua en el diésel hace que el diésel en el primer recipiente 101 circule dentro del primer recipiente 101, refrescando por tanto el segundo líquido delante de la boquilla de inyección 108. Sin embargo, la inyección continuada puede llevar a una concentración local relativamente alta de gotitas de agua y, por tanto, a la coalescencia. Para evitar esto, preferiblemente se agita el segundo líquido.

Para mejorar el control sobre el proceso de inyección, el dispositivo 100 también está provisto de una válvula 109 y un depósito de almacenamiento de agua caliente 110. La válvula 109 (disponible comercialmente de ERL Ltd de Sussex, BN10BHF Inglaterra, número de pieza 806-243B) es manejada por un ordenador (no mostrado) para permitir pulsos cortos, o disparos, de agua en el recipiente 101. Esto permite más tiempo para alejar el agua inyectada de la boquilla. El depósito de almacenamiento de agua caliente 110 sirve para reducir el efecto de la apertura y cierre bruscos de la válvula 109, en caso de que de otro modo pudiera afectar negativamente a la vida útil de la bomba 105.

El primer recipiente 101 debe ser lo suficientemente grande como para evitar que el primer líquido acuoso inyectado choque con una pared de dicho recipiente y/o evitar una localización y orientación de la inyección que pueda provocar que las gotitas que salen de la boquilla choquen contra una pared, ya que el agua podría acumularse allí, lo que provocaría que el agua se segregara en lugar de dispersarse en el diésel.

También debe entenderse que la cantidad de primer líquido acuoso inyectado en el recipiente de procesamiento se elegirá para que sea lo suficientemente pequeña como para evitar la coalescencia inmediata del agua, lo que reduciría la eficacia del método.

En la Figura 2 se muestra un dispositivo 200 para el procesamiento continuo. Aquí, el recipiente 101 se ha

sustituido por un tubo 201 del que sólo se muestra una parte. Un conducto de suministro 202 para el primer líquido acuoso discurre desde un depósito de almacenamiento 210 para dicho primer líquido a través de una bomba de suministro 205, y una válvula 209 hasta el tubo 201. En el extremo del conducto de suministro 202 hay un inyector 206 con una boquilla de inyección 208. El segundo líquido pasa a lo largo de la boquilla de inyección 208, que está orientada transversal a la dirección en la que se inyectan las gotitas, garantizando por tanto que la inyección tiene lugar en el segundo líquido recién preparado.

En sentido descendente de la sección de inyección del dispositivo 200, hay un mezclador estático 260, aquí una malla que permite una homogeneización mejorada de la emulsión preparada en la sección de inyección donde la boquilla inyecta el primer líquido.

En las Figuras 3a y 3b, el dispositivo 300 es una versión modificada del dispositivo 200 para procesamiento continuo de la Figura 2, el dispositivo 300 permitiendo la producción a granel de emulsión.

Un conducto de suministro 302 para el primer líquido acuoso está provisto de una bomba de suministro 305 y termina en una pluralidad (18) de inyectores 306, tales inyectores 306 se abren en el tubo 301 y en tres planos transversales diferentes A, B y C del tubo 301, seis en cada plano, distribuidos por igual sobre la circunferencia del tubo 301 en el plano A, B o C respectivo.

Visto a lo largo de la dirección longitudinal del tubo 301, los inyectores del plano B están algo escalonados con respecto a los inyectores 306 del plano A, y los inyectores del plano C están algo escalonados con respecto a los inyectores 306 del plano B. Este escalonamiento sirve para reducir el riesgo de concentraciones locales altas del primer líquido.

El tubo 301 se alimenta usando la bomba de suministro 351.

En la Figura 3b se muestra una vista en sección transversal sobre el plano I-I de la Figura 3a. Los inyectores 306 son visibles como distribuidos sobre la circunferencia del tubo 301.

En la Figura 4 se muestra una versión modificada del dispositivo 100 para el procesamiento por lotes de la Figura 1. El dispositivo 400 comprende un primer recipiente 401 que sirve como recipiente de proceso, un segundo recipiente 411 que sirve como recipiente secundario para la sedimentación, un tercer recipiente 412 que sirve como recipiente de reserva para almacenar la emulsión preparada. El primer recipiente 401 está provisto de un conducto de suministro 402 para el primer líquido acuoso que a su vez está provisto de una válvula 418, una bomba de suministro 405 y una válvula 409, y termina en un inyector 406 con boquilla de inyección 408 situada dentro del primer recipiente 401.

Un conducto de suministro 403 para el segundo líquido está provisto de una válvula de llenado 413. Un conducto de descarga 404 está provisto de una válvula de descarga 407 y una bomba de descarga 407a. El conducto de descarga 404 desemboca en el segundo recipiente 411, tal segundo recipiente 411 también está provisto de un conducto de retorno 414 que desemboca en el primer recipiente 401. El segundo recipiente 411 también está provisto de un conducto de drenaje 415 que conecta el sumidero 480 del segundo recipiente 411 con una bomba de drenaje 416 y desemboca a través de una válvula 417 en el conducto de suministro 402 para el primer líquido acuoso, después de la válvula 418 y antes de la bomba de suministro 405.

El dispositivo 400 también está provisto de un conducto 419 que comienza en el segundo recipiente 411 y desemboca en el recipiente de reserva 412 a través de una válvula 420 y una bomba 421.

Un conducto de descarga 422 con una válvula 423 está conectado al recipiente de reserva 412.

El funcionamiento del dispositivo 400 es similar al del dispositivo 100, con respecto a la inyección del primer líquido acuoso en el primer recipiente 401 a través del conducto de suministro 402 y sus componentes.

El funcionamiento del dispositivo 400 difiere del del dispositivo 100 en que el líquido del primer recipiente 401 se hace circular a través del segundo recipiente 411.

En primer lugar, el primer recipiente 401 y el segundo recipiente 411 se llenan de diésel a través del conducto de suministro 403 y el conducto de descarga 404, con la bomba de descarga 407a estando en estado activado. La válvula de drenaje 481 en el conducto de drenaje 415 está en estado cerrado, así como la válvula 417.

El segundo recipiente no se llena por completo para dejar espacio para la inyección. Ahora, la bomba de suministro 405 se activa y se inyecta el primer líquido acuoso (agua del grifo) en el primer recipiente 401. La bomba de descarga 407a proporciona una recirculación continua de líquido desde el primer recipiente 401 a través del conducto de descarga 404 hasta el segundo recipiente 411 y de vuelta a través del conducto de retorno 414 con la bomba de retorno 414a.

Una vez que se ha inyectado la cantidad deseada de primer líquido acuoso en el segundo líquido, y se ha obtenido la emulsión requerida, se abre la válvula 420 y se activa la bomba 421, como resultado de lo cual los dos recipientes 401 y 411 se vacían en el recipiente de reserva 412. A partir de ahí se distribuye a través del conducto de descarga 422.

La idea del dispositivo 400, y en particular de la recirculación en el mismo, es que la cantidad de primer líquido acuoso inyectado en el segundo líquido es pequeña por unidad de tiempo en comparación con la cantidad total de primer líquido acuoso, en particular agua a inyectar, y que esto reducirá el riesgo de agua fusionada, y por lo tanto aumentará el porcentaje de agua que puede mantenerse en una emulsión sin volverse inestable. Esto se demostró en los experimentos que se analizan a continuación.

Si, en cualquier caso, por ejemplo cuando se ha preparado una emulsión y luego ha estado en reposo durante un tiempo, el agua se segregará de la emulsión en el segundo recipiente 411, esa agua se hundirá hasta el fondo, se recogerá en el sumidero 480, y puede extraerse a través de la válvula de drenaje en el conducto de drenaje 415 y la bomba de drenaje 416 y volver a inyectarse a través del inyector 406, a través de la válvula 417.

El primer recipiente 401, el segundo recipiente 411, los conductos que los conectan forman juntos un circuito de circulación.

Una configuración alternativa de un circuito de circulación es un tubo con sus extremos cerrados sobre sí mismo. La inyección de las primeras gotitas de líquido y la introducción del segundo líquido llevan automáticamente a la descarga de la emulsión producida. Esto permite realizar el método de preparación de una emulsión sin presencia de gas gaseoso (no disuelto). Debe tenerse cuidado de que ninguna gotita golpee la pared del tubo, por ejemplo, mediante la introducción bajo un ángulo oblicuo de menos de, por ejemplo, 10° con la dirección del flujo del segundo líquido y una boquilla con un cono de pulverización relativamente estrecho.

La Fig. 5 muestra a modo de ejemplo y esquemáticamente un camión 599 como un vehículo 599, que comprende un motor de combustión interna 530, y un dispositivo de acuerdo con la invención 500.

El camión 599 también incluye un depósito de agua 572 y un depósito de diésel 571 conectados al dispositivo 500. El depósito de agua 572 contiene agua calentada, por ejemplo, calentada usando calor del motor 530. Esta agua se usa para generar la emulsión de agua en diésel usando el dispositivo 500. Esta se almacena temporalmente en un depósito de emulsión de agua en diésel 580.

Una temperatura elevada del primer líquido, aquí agua, facilita la separación del agua cuando se pulveriza, facilitando la formación de una emulsión relativamente más estable. En lugar de ello o además, puede haber un medio de calentamiento, como un elemento calefactor eléctrico. Esto también es conveniente para evitar que el agua se congele. Además o alternativamente, el agua puede contener manitol (por ejemplo, por lo menos 1 g/l) para reducir el punto de congelación.

El camión 599 comprende un circuito de circulación de combustible 522, que es conocido en la técnica, que conecta el motor 530 con un depósito de combustible intermedio 570 para almacenar el combustible que se usará en el motor. Este depósito de combustible intermedio 570 está conectado al depósito de emulsión de agua en diésel 580 a través del circuito de circulación de combustible 523. El depósito de combustible intermedio 570 también está conectado directamente al depósito de diésel 571 mediante una línea de conexión 524.

En funcionamiento normal, el motor 530 del camión 599 funciona con emulsión de agua en diésel suministrada desde el depósito de combustible intermedio 570, que a su vez fue alimentado por el depósito de emulsión de agua en diésel 580.

Si el camión ha estado parado durante mucho tiempo, puede haberse producido la separación de agua en el depósito de combustible intermedio 580. En tal caso, el contenido del depósito de combustible intermedio 570 puede enjuagarse en el depósito de agua en diésel 580, desde donde puede pasarse a través del circuito de circulación 525 al dispositivo 500 para su reprocesamiento. Esta realización también permite mezclar diésel puro con la emulsión de agua en diésel para dar a la gestión del motor del vehículo la opción de aumentar el calor del motor, cambiando por tanto la composición de los gases de escape.

EXPERIMENTO I

Se usó una instalación sustancialmente de acuerdo con la Figura 4 para preparar una emulsión de agua y combustible diésel mediante el método de la invención. El primer recipiente 401 tenía unas dimensiones internas de 80x25x110 mm (altura x anchura x profundidad). Por tanto, el primer recipiente 401 tenía una primera pared vertical (de 25 mm de ancho y 80 mm de alto) y opuesta a la primera pared vertical una segunda pared vertical de las mismas dimensiones.

En comparación con la Fig. 4, se observaron las siguientes diferencias en la configuración experimental:

- Para el suministro de diésel recién preparado, el conducto de suministro 403 terminaba en el segundo recipiente 411.
- El circuito de retorno 414 y el conducto de descarga 404 se conectaron a la primera pared vertical, el circuito de retorno 414 estando a 2 cm de la parte superior y el conducto de descarga 404 estando a 2 cm de la parte inferior del primer recipiente 401.
- El inyector 406 se montó en la segunda pared vertical a 2 cm de la parte inferior, es decir, orientado hacia la abertura de la línea de suministro 414. Esto permitió el funcionamiento en contracorriente con la dirección de pulverización del inyector 406.

El primer recipiente 401 estaba hecho de plexiglás, para poder observar el experimento. El segundo recipiente 411 tenía un tamaño de 3 litros.

La bomba de recirculación 407a y la bomba de retorno 414a eran bombas de diafragma y válvula de un tipo comercialmente disponible como bomba de gasolina de automóvil, con un caudal nominal de aproximadamente 100 ml/seg.

Las bombas y válvulas se controlaban electrónicamente mediante un ordenador de proceso.

Los recipientes 401 y 411 se llenaron de diésel, después de dicho llenado se inició la recirculación entre estos recipientes a baja velocidad, para dejar escapar el aire y que el recipiente 401 se llenara por completo. A continuación, se aumentó la velocidad de la bomba hasta un caudal de 100 ml/seg y se inició la inyección, a una diferencia de presión de 11 Bar.

Esta diferencia de presión produjo una pulverización de gotitas finas (es decir, no un chorro) con una velocidad de 47 m/s (la velocidad se calcula dividiendo el caudal por el diámetro de la boquilla) que se introdujo en el diésel.

La inyección fue pulsada, teniendo un tiempo de pulso de 0,25 segundos y un tiempo de espera entre pulsos posteriores de 3 segundos. El suministro de agua así obtenido fue de aproximadamente 0,64 ml por cada pulso.

Datos resumidos:

- 1) Boquilla de Aquamist (Reino Unido) con un diámetro de boquilla de 0,3 mm
- 2) Presión: 11,5 Bar
- 3) Duración del pulso de pulverización de agua 0,25 seg.
- 4) Duración total del ciclo de pulsos: encendido-apagado: 0,25 + 1,50 s = 1,75 s
- 5) Temperatura del agua: 21°C
- 6) Temperatura del diésel: 23°C
- 7) Velocidad de flujo del diésel pasada la boquilla: 5 cm/seg en sentido contrario al de la pulverización.
- 8) Se determinó que W era $1,5 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m/N} \cdot \text{s}^2$

Por tanto, el volumen de agua inyectada por unidad de tiempo fue de aproximadamente el 0,29% del caudal volumétrico (medido en la misma unidad de tiempo) y la concentración final de agua se incrementó hasta el 5% de agua en volumen; esto requirió una recirculación de aproximadamente 17 veces.

El experimento proporcionó una emulsión de agua en diésel de color blanco verdoso que no se segregó mientras duró la recirculación. Tras desactivar la bomba de recirculación 407a y la bomba de retorno 411a, el 20% del agua de la emulsión se segregó después de 10 minutos. Del resto no segregado, aproximadamente el 15% se segregó después de una hora, y del resto del mismo, un 10% adicional se segregó después de 24 horas en total. La parte no segregada restante tenía entonces un color amarillo y era clara y ligeramente transparente. Permaneció estable hasta el final del experimento, que fue dos semanas después. Estas últimas propiedades también se conocen para una emulsión de agua en diésel con un tamaño de gotita de agua de menos de 200 nanómetros; esto indica que las gotitas más grandes se han segregado en el plazo de 24 horas.

Cuando se usa en un motor diésel de un automóvil, la emulsión ha mostrado un consumo de combustible reducido, incluso cuando la fracción de agua en la emulsión era tan baja como del 0,2% en volumen. La adición de agua a un combustible líquido tiene efectos ventajosos conocidos en el funcionamiento de un motor de combustión que usa este combustible, entre los que se encuentran una reducción de las emisiones de NOx y una reducción del consumo de combustible que lleva a una reducción de los costes. Los efectos ventajosos provocados por la presencia de agua en un combustible, como el diésel o la gasolina, ya se producen a una concentración relativamente baja de agua. Con sólo un 0,25% en vol. de agua en la emulsión de diésel preparada de acuerdo con la presente invención, el motor de un coche Audi A2 funcionó notablemente más suave, con menos hollín (partículas de escape) y se redujo

el consumo de combustible.

El efecto a una concentración relativamente baja de agua es bastante ventajoso, porque puede esperarse que cualquier influencia corrosiva de la emulsión de combustible de acuerdo con la invención sea menor, gracias al contenido reducido de agua.

El experimento anterior se repitió con los siguientes parámetros modificados

- Duración del pulso: 0,07 segundos (equivalente a 0,27 ml de agua)
- Más pulsos para compensar el volumen reducido de agua de los pulsos
- Duración total del ciclo de pulsos: 5 segundos, más de lo necesario para descargar completamente el primer recipiente 101.

Los resultados del proceso de emulsificación mejoraron en comparación con el primer experimento: Tras la desactivación de las bombas 407a y 411a, el 15% del agua de la emulsión se segregó después de 10 minutos. Del resto no segregado, aproximadamente el 10% se segregó después de una hora, y del resto del mismo, un 5% adicional se segregó después de 24 horas en total.

La repetición del experimento con agua a una temperatura de 50°C y un W de $1,6 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m/N} \cdot \text{s}^2$ dio como resultado una emulsión que mostraba una segregación incluso menor.

Otra ventaja adicional de la emulsión de agua en diésel que puede prepararse eficazmente usando el método de acuerdo con la invención es que aumenta la energía de combustión de una unidad de volumen de combustible, permitiendo por tanto reducir adicionalmente el consumo de combustible.

Sin querer estar limitados por ninguna teoría en particular, se cree que las gotitas de agua de la emulsión son tan pequeñas que ayudan a separar el combustible tras inyectarlo en el cilindro caliente del motor.

Una emulsión de agua en combustible, como la emulsión de agua en diésel, puede prepararse usando una estación terrestre (por ejemplo, en una gasolinera o en una refinería donde se prepara el combustible de hidrocarburo líquido). En ese caso, el combustible no se usa inmediatamente y es ventajoso añadir un agente estabilizador de la emulsión, que son bien conocidos en la técnica.

PROFUNDIDAD DEL EXPERIMENTO DE PENETRACIÓN

Se llenó con diésel una jarra de cristal de 24 cm de altura y 16 cm de diámetro a una temperatura de 20°C. Se usó la boquilla Aquamist 806-508B mencionada anteriormente, con un diámetro de 0,3 mm. Se pulverizó agua con una única ráfaga durante 0,07 segundos (correspondiente a 0,27 ml a 10 bares y 0,54 ml a 40 bares).

De la tabla anterior se desprende que con la presente invención, la profundidad de penetración es muy limitada y el método puede realizarse usando recipientes relativamente pequeños.

La tabla también muestra que a presiones más altas (40 bares), se produce un aumento de la separación. La emulsión resultante era significativamente más estable, sin que se observara coalescencia después de un día.

El experimento se repitió con un tubo tubular (de 10 cm de diámetro) con una entrada y una salida para el diésel. Los resultados obtenidos fueron básicamente los mismos que los anteriores, lo que concordaba con las expectativas, ya que el caudal de diésel en el tubo tubular era relativamente pequeño (2,9 cm/seg) en comparación con la velocidad inicial de las gotitas que salían de la boquilla.

PREPARACIÓN DE UNA EMULSIÓN DE AGUA EN DIÉSEL

Se usó el ajuste experimental con el tubo, la boquilla y el tiempo de pulverización para elaborar una emulsión de agua en diésel.

- El segundo recipiente 411 tenía una capacidad de almacenamiento de 25 litros
- La velocidad de la bomba de circulación 407A era de 15 litros/minuto, la bomba de retorno 414a se suprimió y se sustituyó por un conducto de retorno más largo.

Las líneas de circulación de diésel se instalaron en las caras planas del cilindro, una en el centro y otra entre la boquilla y la pared del cilindro.

El sistema se llenó con 20 litros de diésel.

A una presión de agua de 40 bares, el valor W era como antes $7,4 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m/N} \cdot \text{s}^2$. La duración del pulso fue

de 0,07 segundos. 200 pulsos de agua de 0,54 ml cada uno, con una pausa de 10 segundos entre dos pulsos consecutivos, dieron como resultado un 0,5% vol./vol. de agua en diésel.

Después de una hora, se había separado menos del 5% del agua añadida, frente al 30% del primer experimento.

EXPERIMENTO II

Se realizaron experimentos adicionales con una serie de aceites vegetales (aceite de soja, girasol, aceite de oliva, aceite de salvado de arroz y aceite de colza) y con un aceite mineral (aceite de motor 5W30).

Los experimentos se realizaron con las siguientes condiciones:

- concentración final de agua de 0,5% vol./vol. (agua/emulsión).
- el segundo líquido se mantuvo en un recipiente de vidrio relativamente ancho (diámetro de 12 cm y altura de 13 cm; volumen de aproximadamente 860 ml) o en un recipiente de vidrio relativamente alto (diámetro de 6 cm y altura de 20 cm; volumen de aproximadamente 500 ml).
- el segundo líquido se agitó manualmente usando una espátula después de cada pulso para evitar concentraciones localmente elevadas de gotitas de agua.
- la pulverización se realizó con una boquilla Aquamist (diámetro del canal de la boquilla 0,4 mm; número de artículo 806.501C).

La profundidad de pulverización del agua (40 Bar; aproximadamente 40°C, v aproximadamente 103 m/s) en el segundo líquido (temperatura ambiente) era de entre 12 y 20 cm. W fue de $4,3 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m} / \text{N} \cdot \text{s}^2$. La duración del pulso fue de 0,04 s a 0,52 ml/pulso.

Para el aceite de motor, la profundidad de pulverización fue de sólo 5-8 cm y se usó agua a una temperatura de 70°C y a 70 bares. Cada 0,39 ml por pulso; concentración final de agua 0,25% vol./vol. (agua/emulsión).

Para los aceites vegetales, menos del 2% del volumen de agua inyectada se había separado después de una hora y, después de 20 horas se había separado menos del 15% del agua. Los resultados obtenidos con los aceites vegetales fueron mejores que con el diésel debido a la viscosidad relativamente mayor de estos aceites, que afecta a la velocidad de sedimentación. Cabe señalar que estos resultados son muy satisfactorios dado que no se han añadido agentes estabilizadores de la emulsión.

Para el aceite de motor, al cabo de 100 horas se había separado el 15% del agua.

EXPERIMENTO III

El experimento II se repitió con gasolina en un recipiente de vidrio con un diámetro de 22 cm y una altura de 20 cm; volumen total de aproximadamente 1,7 litros.

Cuando el experimento se realizó con agua a 40°C y una presión de 40 Bar, la profundidad de pulverización fue de aproximadamente 20 cm. (W fue de $4,3 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m} / \text{N} \cdot \text{s}^2$). La concentración final de agua fue del 0,25% vol./vol. (agua/emulsión).

Después de 3 minutos se había separado el 10% vol./vol. del agua inyectada, y después de 30 minutos se había separado más del 90% vol./vol. del agua.

Los resultados se ven algo adversamente afectados porque la pulverización llegó al fondo del recipiente.

Usando valores más altos de W, se obtuvieron mejores resultados.

Con 50 Bar y 50°C (W era de $5,1 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m} / \text{N} \cdot \text{s}^2$), concentración final de agua de 0,036% vol./vol., después de 3,5 horas se había separado menos del 1% vol./vol. de agua.

Con 70 Bar y 70°C, la duración del pulso fue de 0,034 s a 0,52 ml/pulso. (W fue de $6,7 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m} / \text{N} \cdot \text{s}^2$). La concentración final de agua fue del 0,25% vol./vol. (agua/emulsión), después de 30 minutos se había separado menos del 1% vol./vol. de agua (es decir, con una concentración final de agua que era 14 veces superior a la de la prueba anterior).

Estos resultados fueron similares a los de los experimentos con diésel, pero con concentraciones de agua más bajas y con números W mucho más altos. Esto se eligió debido tanto a la menor viscosidad de la gasolina como a la masa específica relativamente baja de la gasolina en comparación con el diésel. Es decir, la diferencia con la masa específica del agua es mayor. Ambos factores afectan adversamente a la estabilidad. De nuevo, hay que señalar

que este experimento no implicó el uso de ningún agente estabilizador de la emulsión.

Las temperaturas mencionadas eran estimaciones porque la bomba tiene efecto sobre la temperatura del agua.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Un método para preparar una emulsión que comprende un primer líquido y un segundo líquido, dicho método comprendiendo el paso de dispersar el primer líquido en el segundo líquido, en donde el método comprende:

- pasar el primer líquido a través de una boquilla de inyección (108) para crear una pulverización de gotitas del primer líquido, **caracterizado porque**

- el primer líquido se inyecta en un recipiente que proporciona una longitud de trayectoria libre para la pulverización desde la boquilla que es mayor que la profundidad de penetración de la pulverización en el segundo líquido, y
- la inyección del primer líquido se realiza en más de un paso de inyección;

y en donde el método comprende además

- inyectar el primer líquido en forma de las gotitas así creadas del primer líquido en el segundo líquido de tal manera que Q ,
donde Q es igual al cuadrado de la velocidad de las gotitas, la velocidad siendo la velocidad de salida del primer líquido de la boquilla en el aire a una temperatura estándar de 20°C y una presión del aire ambiente de 1 atm,

es de por lo menos $225 \text{ m}^2/\text{s}^2$;
en donde W , donde
 W es $sg * Q * d$ dividido por St con

- sg siendo la gravedad específica del primer líquido en kg/m^3 ,
- d siendo el diámetro medio de gotita de Sauter en metros de la pulverización que sale de la boquilla de inyección en el aire, y
- St es la tensión superficial del primer líquido en Newton/metro;

es de por lo menos $250 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{N} \cdot \text{s}^2$.

2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la temperatura del primer líquido es por lo menos 10°C más alta que la temperatura del segundo líquido.

3. El método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde antes de la pulverización se realiza por lo menos una operación elegida entre i) se calienta el primer líquido, y ii) se enfría el segundo líquido.

4. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde W es de por lo menos $500 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{N} \cdot \text{s}^2$, preferiblemente de por lo menos $960 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{N} \cdot \text{s}^2$, más preferiblemente de por lo menos $1250 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{N} \cdot \text{s}^2$, incluso más preferiblemente de por lo menos $2500 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{N} \cdot \text{s}^2$ y lo más preferible de por lo menos $5000 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{N} \cdot \text{s}^2$.

5. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la inyección se realiza con un caudal fluctuante del primer líquido que pasa a la boquilla de inyección (108).

6. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el segundo líquido se pasa a lo largo de la boquilla de inyección (108).

7. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde se usa un circuito de circulación que comprende una sección de inyección donde se inyecta el primer líquido, y el método comprende el paso de hacer circular la emulsión que comprende el segundo líquido a través del circuito de circulación antes de inyectar más del primer líquido en dicha emulsión.

8. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde se usa un circuito de circulación que comprende

- una sección de inyección en la que se inyecta el primer líquido, y
- un sumidero (480); y

el método comprende el paso de drenar el primer líquido segregado de dicho sumidero (480).

9. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde por lo menos uno de i) el primer líquido, y ii) el segundo líquido se somete a un tratamiento de desgasificación antes de inyectar las gotitas en el segundo líquido.

10. Un dispositivo para preparar una emulsión que comprende un primer líquido y un segundo líquido, dicho dispositivo

comprendiendo

- una cámara, y
 - un órgano para dispersar el primer líquido en el segundo líquido;
- el órgano comprendiendo una boquilla de inyección (108) con una entrada para el primer líquido y una salida para las gotitas creadas del primer líquido, la boquilla de inyección (108) abriéndose en la cámara el dispositivo comprendiendo además una bomba (105) para pasar el primer líquido a la boquilla de inyección (108);

caracterizado porque la bomba y la boquilla de inyección (108) son capaces de

- crear una pulverización de gotitas de agua en el aire con una velocidad de salida tal que Q , donde Q es igual al cuadrado de dicha velocidad de salida de las gotitas, la velocidad siendo la velocidad de salida del primer líquido de la boquilla en el aire bajo temperatura estándar de 20°C y presión de aire ambiente de 1 atm,

es de por lo menos $225 \text{ m}^2/\text{s}^2$,

- logrando un W de por lo menos $1,250 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{N} \cdot \text{s}^2$, en donde W es $sg \cdot Q \cdot d$ dividido por St con

- sg siendo la gravedad específica del primer líquido en kg/m^3 ,
- d siendo el diámetro medio de gotita de Sauter en metros de la pulverización que sale de la boquilla de inyección en el aire, y
- St es la tensión superficial del primer líquido en Newton/metro; en donde el dispositivo comprende además
- una válvula de fluido dispuesta entre la bomba y la boquilla de inyección (108), y
- una unidad de control dispuesta para controlar dicha válvula de fluido para variar el caudal del primer líquido que pasa a la boquilla de inyección (108), de tal manera que la inyección del primer líquido en el segundo líquido se realice con un caudal fluctuante del primer líquido que pasa a la boquilla de inyección, en donde en un intervalo de tiempo de 1 minuto el caudal más bajo del primer líquido es menor que el 30% del caudal más alto del primer líquido y hay un número de periodos que tienen dicho caudal más bajo con una duración de pulso de menos de 1 segundo, preferiblemente de menos de 0,2 segundos, y en donde la unidad de control esté adaptada para controlar la válvula de fluido de tal manera que la cantidad de primer líquido inyectado por pulso es menor de 5 ml por periodo.

11. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 10, en donde el dispositivo comprende un circuito de circulación, dicho circuito de circulación comprendiendo

- una bomba de circulación para hacer circular la emulsión,
- una entrada para un líquido que comprende el segundo líquido, y
- una salida para descargar la emulsión.

12. El vehículo (599) que comprende un motor de combustión (530) para la propulsión del vehículo (599), **caracterizado porque** el vehículo (599) comprende un dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 u 11, en donde el dispositivo está adaptado para preparar una emulsión que comprende un agua como primer líquido y un combustible líquido que contiene hidrocarburos como segundo líquido; una abertura de descarga de la emulsión del dispositivo estando conectada para la comunicación líquida con una entrada de combustible de dicho motor de combustión (530).

13. El vehículo de acuerdo con la reivindicación 12, en donde el vehículo comprende un airco que se usa para enfriar el segundo líquido en donde se inyecta el primer líquido, preferiblemente que comprende un motor que se usa para calentar el primer líquido.

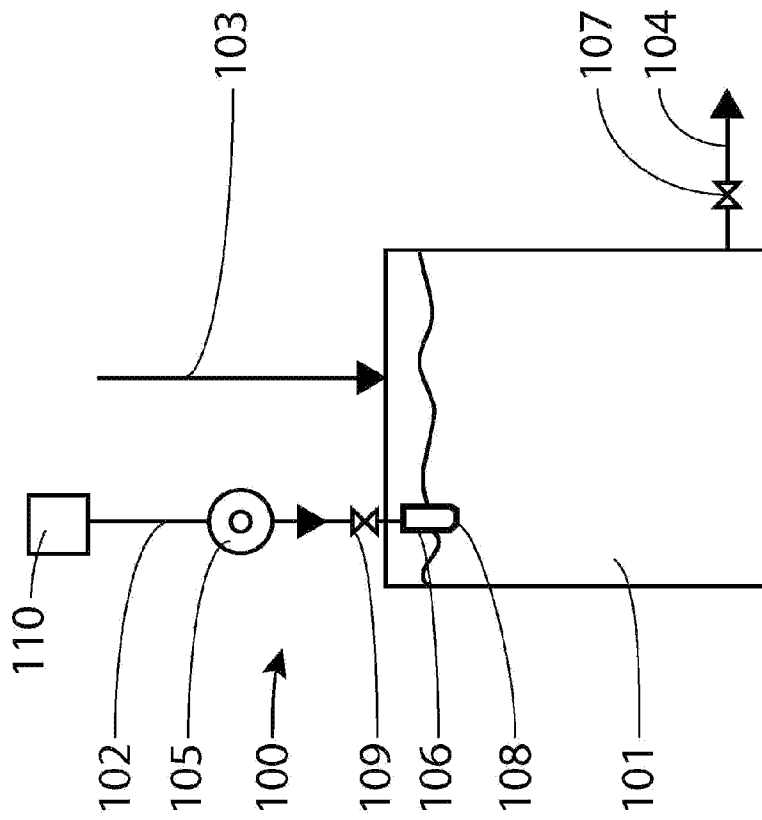


Fig. 1

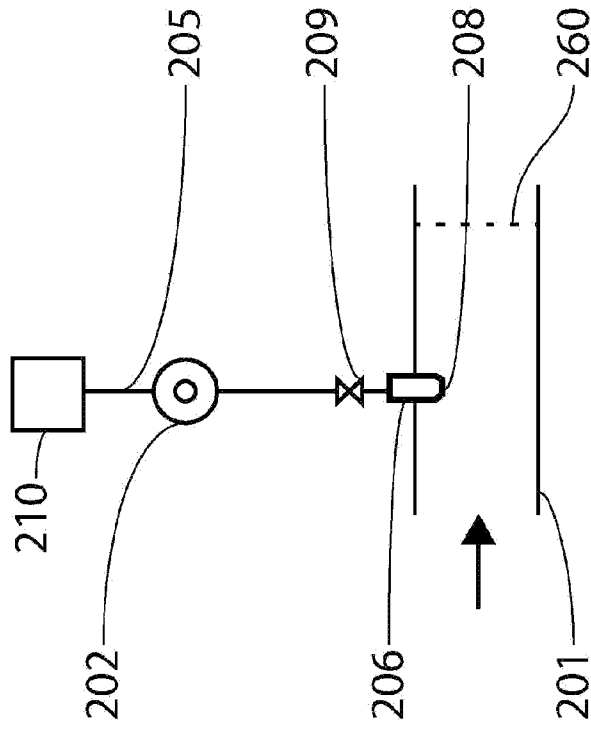


Fig. 2

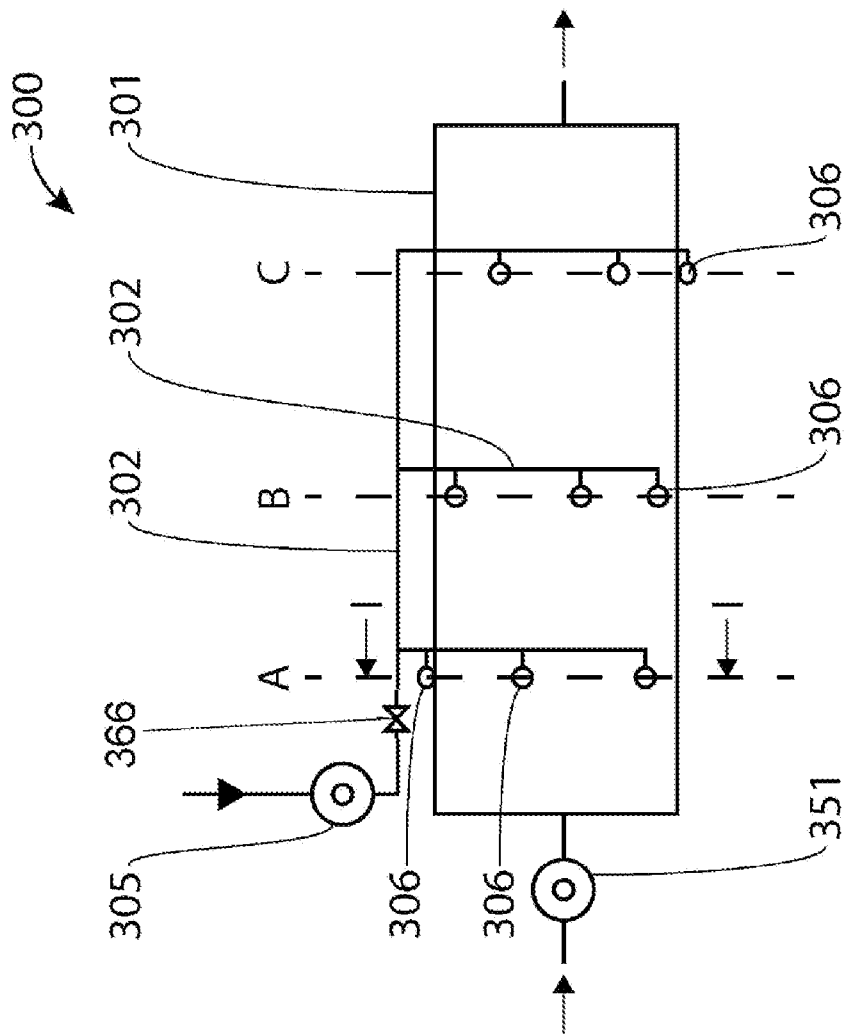


Fig. 3A

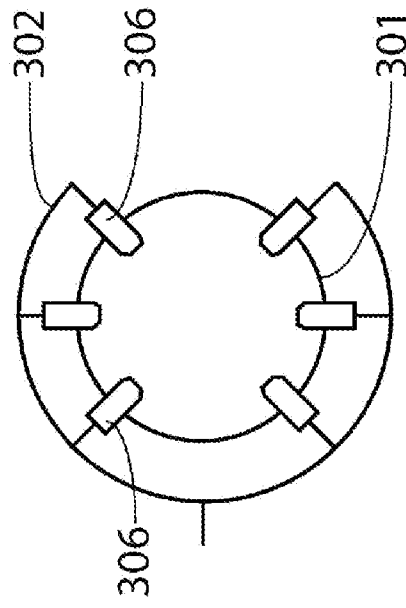


Fig. 3B

