

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 730 884**

51 Int. Cl.:

B05B 1/00	(2006.01)
B01D 53/00	(2006.01)
B01D 53/79	(2006.01)
C10G 31/08	(2006.01)
B01J 4/00	(2006.01)
C10G 31/06	(2006.01)
C10G 45/00	(2006.01)
C10G 47/00	(2006.01)
C10G 49/00	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.09.2009 PCT/US2009/058935**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **08.04.2010 WO10039767**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.09.2009 E 09818400 (5)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.03.2019 EP 2334440**

54 Título: **Métodos de boquillas de pulverización asistidas por gas**

30 Prioridad:

01.10.2008 US 101861 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.11.2019

73 Titular/es:

**SPRAYING SYSTEMS, CO. (100.0%)
North Avenue and Schmale Road P.O. Box 7900
Wheaton, IL 60187-7901, US**

72 Inventor/es:

**JACOBS, GARRY E. y
STUPIN, WALT**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 730 884 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

Métodos de boquillas de pulverización asistidas por gas

Campo de la invención

5 El campo de la invención son los métodos para la inyección distribuida de fluidos en una fase gaseosa o fase gas/líquido, preferiblemente aguas arriba de una pluralidad de trayectorias de flujo para la fase gaseosa.

Antecedentes de la invención

10 En la técnica se conocen numerosos sistemas y métodos en los que el fluido se inyecta en una fase gaseosa utilizando una o más boquillas de pulverización para asegurar una distribución relativamente fina del fluido en la corriente de gas (ver, por ejemplo, la patente estadounidense n.º 4.568.022 o la patente estadounidense n.º 6.141.986). Si bien la mayoría de estos sistemas funcionarán satisfactoriamente para su propósito previsto, a menudo se encuentran problemas donde la fase de gas incluye componentes que pueden depositarse, corroerse u obstruir la trayectoria de flujo descendente.

El documento US 3.583.901 describe un proceso de hidroconversión en el que se inyecta un fluido en el efluente de hidroconversión.

15 Por ejemplo, la mayoría de las unidades de hidrotratamiento e hidrocrackeo conocidas actualmente producen un gas de efluente o una mezcla de gas/líquido que tiene una temperatura superior a 121°C [250°F] a presiones que oscilan entre 27,58 a 193,05 bares [400 a 2800 psig]. El efluente contiene habitualmente concentraciones variables de sulfuro de hidrógeno, cloruro de hidrógeno y amoníaco. Para ayudar a evitar que estos compuestos formen depósitos sólidos corrosivos en conductos y/o dispositivos aguas abajo, el agua de lavado a menudo se inyecta
20 aguas arriba del enfriador de aire del efluente del reactor (REAC) o del enfriador de agua. La inyección directa de agua de lavado en una corriente de gas de síntesis de un reactor de gasificación se describe, por ejemplo, en el documento CA02650604 o en el documento US2008/0182912 A1. La velocidad de inyección de agua de lavado suele ajustarse habitualmente de modo que una fracción predeterminada del agua inyectada permanezca sin evaporar (suponiendo que el efluente y el agua se mezclan lo suficiente para alcanzar el equilibrio) o de tal manera
25 que se logre una concentración predeterminada de bisulfuro de amonio en un separador de alta presión situado aguas abajo. En muchos casos, es muy importante que el líquido no evaporado esté bien distribuido en la trayectoria del flujo descendente. En la mayoría de las configuraciones conocidas, la inyección de agua de lavado se realiza habitualmente usando boquillas de pulverización o plumas de inyección que producen gotas de tamaño milimétrico. Desafortunadamente, este tamaño de gota relativamente grande se asocia habitualmente con una reducción de
30 la transferencia de calor y masa y una alta tasa de sedimentación por gravedad, lo que lleva a la coalescencia de gotitas y a la mala distribución del agua inyectada.

Dichos problemas a menudo se asocian con el taponamiento de algunos tubos intercambiadores y la corrosión concurrente bajo depósito, mientras que los tubos operativos restantes se someterán a un alto flujo de efluentes y erosión-corrosión.

35 Para evitar al menos algunos de los problemas asociados con la baja transferencia de masa y/o calor y con los depósitos de sal de amonio, el punto de inyección de agua de lavado puede ubicarse a una distancia máxima aguas arriba del REAC. Sin embargo, una configuración de este tipo no mejora necesariamente la distribución aguas abajo del agua no evaporada. En un intento por mitigar la mala distribución, se pueden usar criterios específicos en el diseño de la tubería de distribución aguas arriba del REAC. Si bien estas características de diseño tienden a mejorar
40 la transferencia y distribución de calor y masa al menos en cierto grado, el logro de estos objetivos aún se ve obstaculizado por las gotitas de agua indeseablemente grandes que tienden a unirse y formar una fase de agua libre estratificada ondulada o semianular aguas abajo del punto de inyección.

45 Es bien sabido que el tamaño de las gotitas se puede reducir utilizando boquillas de atomización de chorro de presión no asistidas o de tipo de turbulencia a presión (por ejemplo, patente estadounidense n.º 5.644.608). Sin embargo, debe observarse que tales boquillas a los caudales de agua requeridos requieren en la mayoría de los casos una presión diferencial prohibitivamente alta (por ejemplo, 6,89 a 48,26 bares [100 a 700 psi]) para producir gotitas suficientemente pequeñas (por ejemplo, gotitas del tamaño de una micra). Además, incluso si se usaran tales boquillas, los orificios muy pequeños de tales boquillas a menudo se taponan fácilmente en un entorno industrial, con el potencial de una alta erosión inducida por la velocidad del fluido. Todavía adicionalmente, los niveles de
50 presión de vapor en las refinerías no suelen superar los 41,37 bares [600 psig]. Por lo tanto, el vapor de alta presión adecuado habitualmente no está disponible para usarse como gas auxiliar en los entornos de presión relativamente alta que existen en muchas unidades de hidroprocesamiento.

55 Por lo tanto, debe apreciarse que las configuraciones y los métodos conocidos actualmente para la inyección de agua en el efluente hidrotratador/hidrocrackeador tienen varias desventajas que dan como resultado una reducción de la transferencia de calor y masa, una distribución no homogénea de las gotitas de agua y/o una interrupción en la operación. Por lo tanto, todavía hay una necesidad de configuraciones y métodos mejorados para la inyección de fluidos en una fase gaseosa, y especialmente la inyección de fluidos en una fase gaseosa o una mezcla de

gas/líquido corriente arriba de un intercambiador de calor, para lograr una alta transferencia de masa y calor así como una distribución más homogénea del fluido inyectado.

Sumario de la invención

5 La presente invención se refiere a métodos en los que se utilizan boquillas de pulverización asistidas por gas para distribuir una fase fluida (más preferiblemente agua o un fluido que contiene agua) en un reactor u otro efluente de vapor de recipiente como gotitas de tamaño micrométrico, en la que el gas auxiliar de las boquillas es preferiblemente un gas de proceso usado en la formación del efluente. Además, el uso de boquillas de pulverización asistidas por gas no solo mejorará la transferencia de masa/calor y la fiabilidad, sino que también reducirá las posibles obstrucciones y erosiones/corrosiones.

10 Por lo tanto, la invención describe un proceso según la reivindicación 1, en el que un efluente se trata inyectando gotitas de fluido de tamaño micrométrico en el efluente utilizando una o más boquillas asistidas por gas, en la que el gas auxiliar para las boquillas comprende un gas de proceso involucrado en la formación (o procesamiento aguas abajo) del efluente. El efluente así tratado se enruta a uno o más dispositivos aguas abajo (que comprenden, habitualmente, múltiples trayectorias de flujo paralelas) que tienen una superficie de transferencia de calor. Por
15 ejemplo, los dispositivos aguas abajo adecuados incluyen refrigeradores de aire o intercambiadores de calor de tipo carcasa y tubo, pero también separadores de alta presión y tuberías de transferencia. El efluente es producido por un reactor de hidroprocesamiento. En métodos preferidos, el efluente se produce mediante un reactor de hidrotreatmento o un reactor de hidrocrqueo, y/o la gotita de fluido es una gotita de agua, que tiene, habitualmente, un tamaño de menos de 500 micras, e incluso más habitualmente de menos de 300 micras. La presión diferencial
20 entre el gas de proceso y el proceso aguas abajo es de al menos 3,45 bares [50 psi] (y más habitualmente de al menos 6,89 bares [100 psi]), y/o el gas de proceso puede ser un gas de reciclaje que contiene hidrógeno o gas de maquillaje rico en hidrógeno.

Diversos objetos, características, aspectos y ventajas de la presente invención se harán más evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de las realizaciones preferidas de la invención, junto con los dibujos adjuntos.

25 Breve descripción del dibujo

La figura 1 es un esquema de una configuración a modo de ejemplo según el objeto de la invención.

La figura 2 es un esquema de otra configuración a modo de ejemplo según el objeto de la invención.

Descripción detallada

30 Los inventores han descubierto que la inyección de fluido distribuido en una fase gaseosa, y especialmente la inyección de agua en un efluente de hidrotreatmento o de hidrocrqueo aguas arriba de un intercambiador de calor, se mejora significativamente cuando el fluido es inyectado por una boquilla de pulverización asistida por gas, ya que tales boquillas permiten la formación de gotitas de tamaño micrométrico. Tal como se usa en el presente documento, el término "gotitas de tamaño micrométrico" se refiere a gotitas con un diámetro promedio de menos de 1 milímetro, más habitualmente de menos de 700 micras, y más habitualmente de menos de 500 micras. Más preferiblemente, el
35 gas auxiliar es (o comprende) una corriente de deslizamiento de gas reciclado y/o gas de reposición de la descarga de sus respectivos compresores en el proceso de hidrotreatmento/hidrocrqueo de hidroprocesamiento. Con respecto al término "hidroprocesamiento", se debe tener en cuenta que este término incluye todos los procesos en los que se utiliza hidrógeno como reactivo, habitualmente a una presión que está significativamente por encima de la presión atmosférica (por ejemplo, por encima de 6,89 bares [100 psi]). Por ejemplo, los procesos de
40 hidroprocesamiento adecuados incluyen hidrotreatmento, hidrocrqueo, hidrocabado, etc.

Por ejemplo, en un aspecto de la materia objeto de la invención, tal como se representa a modo de ejemplo en la figura 1, una planta 100 tiene un reactor de craqueo catalítico por hidroprocesamiento o fluido 110 al cual se acopla fluidamente el enfriador 130 de efluente. Por supuesto, debe apreciarse que en la mayoría de las configuraciones se pueden disponer componentes adicionales (por ejemplo, uno o más intercambiadores de calor) entre la salida del
45 reactor 110 y la entrada del enfriador de efluente 130, que no se muestran en la figura 1. El reactor 110 recibe la corriente de alimentación de hidrocarburo 112 y además recibe una gran fracción 114A (de al menos el 25%, más habitualmente al menos el 50%) del gas de proceso 114, que en la mayoría de los casos es una corriente de reposición de hidrógeno y/o una corriente de reciclaje que contiene hidrógeno por encima de la presión del reactor. El resto de la corriente 114 se usa como gas auxiliar 114B y 114B' en las boquillas de pulverización asistidas por gas
50 120A y 120B, respectivamente. Las boquillas de pulverización asistidas por gas 120A y 120B reciben las respectivas corrientes de fluido 122A y 122B e inyectan una pluralidad de gotitas de fluido de tamaño micrométrico (por ejemplo, agua con un tamaño de gota promedio de 300 micras) en el efluente del reactor 116. El efluente así tratado entra en el enfriador 130 (por lo general, un enfriador de aire o un intercambiador de calor tipo tubo y carcasa) y deja el enfriador 130 como efluente del reactor refrigerado 132.

55 En otro ejemplo, como se muestra esquemáticamente en la figura 2, una planta 200 tiene una columna de destilación 210 (por ejemplo, en una unidad cruda) a la que el enfriador superior 230 está acoplado de manera fluida. La columna 210 recibe alimentación de hidrocarburos 212 y produce vapor superior de columna 213 a una

presión atmosférica o superior (por ejemplo, 0,35-1,38 bares [5-20 psig]). Las boquillas de pulverización asistidas por gas 220A y 220B inyectan una pluralidad de gotitas de tamaño micrométrico en el vapor superior usando las corrientes de agua respectivas 222A y 222B y las corrientes de gas auxiliar 214' y 214" para formar la corriente superior tratada 216. Cuando se desee, el gas auxiliar 214 se presuriza usando el compresor opcional 215. Alternativamente, la corriente de gas auxiliar puede ser cualquier corriente gaseosa o de vapor que ya tenga una presión adecuada para su uso como gas auxiliar en las boquillas de pulverización asistidas por gas (por ejemplo, vapor de alta o baja presión, o gas de escape comprimido de la columna 210, etc.) Por lo tanto, el gas auxiliar puede ser un gas de proceso que se produce o utiliza en el procesamiento de la alimentación o se recupera del procesamiento aguas abajo del producto. En otros aspectos alternativos, el gas auxiliar también puede ser una corriente de aire o, más habitualmente, una corriente dedicada con reducción de oxígeno (menos del 2% en volumen de O₂). El enfriador superior 230 enfría la corriente superior tratada 216 y forma de este modo la corriente enfriada 232. Por lo tanto, debe apreciarse que las boquillas asistidas por gas pueden emplearse en muchas configuraciones y métodos asociados con el tratamiento de gases aguas arriba de una pluralidad de trayectorias de flujo paralelas (por ejemplo, inyección de agua o aditivos químicos en sistemas superiores de columna atmosférica unidad por bruta que operan a presiones habitualmente en el intervalo entre 0,35 bares y 2,07 bares [5 psig a 30 psig]).

Si bien el uso de boquillas de pulverización asistidas por aire o gas en diversas situaciones se conoce bien en la técnica, (por ejemplo, para la atomización de fluidos por pulverización como se describe en las patentes estadounidenses n.º 6.726.127, 6.322.003, 6.036.116, 4.591.099, 4.511.087, 3.474.970 o 4.815.665 o en la solicitud de patente estadounidense n.º 2007/138061 o en la publicación internacional WO 93/20948, para la polimerización en fase gaseosa como se describe en la patente estadounidense n.º 6.075.101, para la transferencia de gas/fase líquida como se describe en la patente estadounidense n.º 6.832.754, o para los atemperadores, como los atemperadores de vapor, como se describe en la patente estadounidense n.º 2.354.842), el uso de boquillas de pulverización asistidas por gas para mejorar la transferencia y distribución de calor y masa de una inyección de vaporización parcial en intercambiadores de calor (por ejemplo, REAC de alta presión u otro dispositivo que tenga múltiples trayectorias de flujo paralelo para el efluente) no se ha apreciado todavía.

Con respecto a las boquillas de pulverización asistidas por gas adecuadas, se contempla que todas las boquillas conocidas se consideren apropiadas para su uso en el presente documento (supra). Sin embargo, las boquillas asistidas por gas especialmente preferidas incluyen aquellas que son capaces de producir gotitas de agua (u otro fluido) que tienen un tamaño de menos de 1000 micras, más preferiblemente de menos de 600 micras, incluso más preferiblemente de menos de 300 micras, y lo más preferiblemente menos de 100 micras. Por lo tanto, generalmente se prefiere que las gotitas de tamaño micrométrico tengan un diámetro medio Sauter (diámetro de una gota que tiene la misma relación volumen/área de superficie que la pulverización completa) de entre 50 y 500 micras. Además, y aunque no se limita al objeto de la invención, generalmente se prefiere que el gas auxiliar sea o comprenda un gas que se usa en el proceso en el que se emplean las boquillas asistidas por gas (por ejemplo, el gas de proceso usado en la formación del efluente o utilizado en una reacción que produce la alimentación que se envía al reactor o columna). De manera más ventajosa, la presión del gas auxiliar está ya en un nivel que, de otro modo, sería exigido por el sistema y, por lo tanto, evita la necesidad de una presurización significativa de lo contrario necesaria (sin embargo, debe observarse que se contempla expresamente una presurización adicional). Por ejemplo, los gases auxiliares preferidos pueden incluir una parte de gas de recirculación o gas de reposición de la descarga de sus compresores respectivos en un hidrotrotamiento, hidrocraqueo u otro proceso. En aspectos alternativos de la materia inventiva, los gases auxiliares adecuados también incluyen vapor, gases inertes (por ejemplo, N₂, Ar, etc.), gases residuales (por ejemplo, CO₂, etc.), y gases reciclados. Cabe señalar que los expertos en la técnica podrán aproximarse y dirigir fácilmente el intervalo de tamaño de las gotitas teniendo en consideración, entre otras cosas, la presión diferencial y el caudal de gas de la fase gaseosa habitualmente disponibles, así como las boquillas de inyección comercialmente disponibles.

En consecuencia, la presión del efluente del reactor es de al menos 34,47 bares [500 psia], incluso más habitualmente al menos 55,16 bares [800 psia], y más habitualmente al menos 68,95 bares [1000 psia] (por ejemplo, al menos 103,43 bares [1500 psia], al menos 137,90 bares [2000 psia], o al menos 165,47 bares [2400 psia]). La presión del gas de proceso en los métodos contemplados es más habitualmente más alta que la presión del efluente del reactor o columna para proporcionar la fuerza motriz para la formación de las gotitas de líquido más pequeñas, y por lo tanto puede ser de al menos 3,45 bares [50 psi], al menos 6,89 bares [100 psi], al menos 13,79 bares [200 psi], o incluso al menos 20,68 bares [300 psi] por encima de la presión del efluente.

Con respecto a la presión del gas auxiliar, se observa que la presión del gas auxiliar habitualmente aumenta (con respecto a la presión del gas del efluente) para permitir la atomización efectiva del fluido. Dicho aumento se puede lograr utilizando todas las formas conocidas, y más comúnmente mediante el uso de uno o más compresores. En consecuencia, la presión diferencial (es decir, la diferencia de presión entre la presión del efluente y la presión del gas auxiliar) para el gas auxiliar es de al menos 3,45 [50 psi], y lo más habitualmente de al menos 6,9 bares [100 psi]. Por lo tanto, se debe tener en cuenta que la demanda de energía para producir un gas auxiliar de alta presión (por ejemplo, al menos 34,47 bares [500 psia] o al menos 68,95 bares [1000 psia], o al menos 103,43 bares [1500 psia]) normalmente solo será igual a la presión diferencial para el gas auxiliar. Por ejemplo, si se usa una corriente de deslizamiento de gas de reciclaje en una planta de hidropcesamiento como gas auxiliar, este gas combinado con el efluente regresa al compresor de gas de reciclaje para la recompresión. De manera similar, si se utiliza hidrógeno de reposición, o una parte del mismo, como gas auxiliar, la presión de suministro debe ser mayor que si

este hidrógeno de reposición se mezclara simplemente con el efluente (sin pasar a través de una boquilla de pulverización con el agua de lavado). Por esta razón, se anticipa que el uso de hidrógeno de reposición suele ser más eficiente en energía que el uso de gas de reciclaje. En otro ejemplo, si se usa una corriente de deslizamiento de gas de salida de un compresor de gas de salida superior de columna cruda como gas auxiliar, este gas se mezcla con el vapor superior de columna y regresa al compresor de gas de escape para la recompresión. En aspectos menos preferidos, puede emplearse una compresión adicional del gas auxiliar.

En consecuencia, debe apreciarse que se contemplan diversos métodos en los que se emplean una o más boquillas de pulverización asistidas por gas para reducir sustancialmente el tamaño de gotita del elemento de inyección en una corriente de efluente del reactor (u otro dispositivo), habitualmente de gotitas de tamaño milimétrico a tamaño micrométrico (por ejemplo, 10-900 micras, más habitualmente 30-600 micras, más habitualmente 50-500 micras). Debe observarse especialmente que el fluido se inyecta en una corriente de gas o gas/líquido que tiene una presión relativamente alta. Por ejemplo, la sección de reacción de los procesos de hidrotatamiento/hidrocraqueo suele funcionar a presiones entre 27,58 bares [400 psig] y 165,47 bares [2400 psig], mientras que la presión de vapor más alta disponible en las refinerías es generalmente de aproximadamente 41,37 bares [600 psig]. En consecuencia, no se puede usar vapor sin compresión como gas auxiliar para los hidrotatadores/hidrocontenedores que operan por encima de este nivel de presión. Por lo tanto, el uso de una corriente de deslizamiento de gas de reciclaje o gas de reposición permite ventajosamente la implementación de una boquilla de pulverización asistida por gas para la inyección de fluido en la sección de reacción.

Por lo tanto, debe apreciarse que la formación de gotitas de tamaño micrométrico tiene numerosas ventajas significativas. Por ejemplo, cuando se inyecta la misma cantidad de agua, el área interfacial para la transferencia de calor y masa aumenta sustancialmente cuando se pulverizan gotitas más pequeñas en la corriente de gas o gas/líquido. En consecuencia, la saturación de agua de la fase gaseosa (por ejemplo, el efluente del hidrotatador/hidrocraqueador) se produce mucho más rápidamente. Por lo tanto, mejora la distribución de agua al intercambiador aguas abajo (o enfriador de aire del efluente del reactor) ya que la fase de vapor saturada de agua generalmente no se ve afectada por la sedimentación gravitacional y tiende a distribuirse de manera más uniforme que la fase de agua no evaporada restante. Además, las gotitas de tamaño micrométrico también reducen sustancialmente la tasa de gravedad de sedimentación de las gotitas no evaporadas, lo que permite una mejor distribución de la fase acuosa no evaporada, ya que las gotitas más pequeñas son más propensas que las gotitas grandes a arrastrarse y distribuirse de manera similar a la fase de vapor. Además, el uso de gas de reposición rico en hidrógeno como gas auxiliar tiene el beneficio adicional de raspar eficazmente los contaminantes traza de la fase acuosa no evaporada (por ejemplo, cloruro de hidrógeno) que pueden estar presentes en el gas de reposición.

Aún más, ya que los orificios de líquido de las boquillas asistidas por gas son mucho más grandes en comparación con las boquillas no asistidas por gas (que producen gotitas de tamaño similar), los problemas de obstrucción que de lo contrario ocurren con las boquillas no asistidas por gas se reducen o incluso se eliminan por completo.

REIVINDICACIONES

1. Un método para tratar un efluente (116,), que comprende:
- 5 recibir una corriente de alimentación de hidrocarburo (112) y una gran fracción (114A) de una corriente de gas de proceso (114) en un reactor de hidroprocesamiento (110) en donde la gran fracción (114A) de la corriente de gas de proceso (114) es al menos el 25% de la corriente de gas de proceso (114);
- producir el efluente (116) con el reactor de hidroprocesamiento (110), en donde el efluente (116) tiene una presión de al menos 34,5 bares [500 psia];
- proporcionar un resto (114B, 114B') de la corriente de gas de proceso (114) a una o más boquillas asistidas por gas (120A, 120B)
- 10 utilizar el resto (114B, 114B') de la corriente de gas de proceso (114) como gas auxiliar para inyectar una corriente de fluido (122A, 122B) a través de una pluralidad de gotitas de fluido de tamaño micrométrico en el efluente del reactor (110) con la una o más boquillas asistidas por gas (120A, 120B), en donde una presión diferencial entre el gas auxiliar y el efluente es de al menos 3,45 bares [50 psi];
- 15 y poner en contacto el efluente con una superficie de transferencia de calor aguas abajo de la ubicación de la inyección.
2. El método según la reivindicación 1, en el que la gotita de fluido es una gotita de agua.
3. El método según una de las reivindicaciones 1 a 2, en el que el gas auxiliar tiene una presión de al menos 34,47 bares [500 psia].
- 20 4. El método según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el gas de proceso es un gas de reciclaje que contiene hidrógeno o un gas de reposición rico en hidrógeno.
5. El método según una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que las gotitas de tamaño micrométrico tienen un diámetro medio Sauter de entre 50 y 500 micras.
6. El método según una de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la superficie de transferencia de calor está incluida en un enfriador de aire o un intercambiador de calor de tipo tubo y carcasa.

25

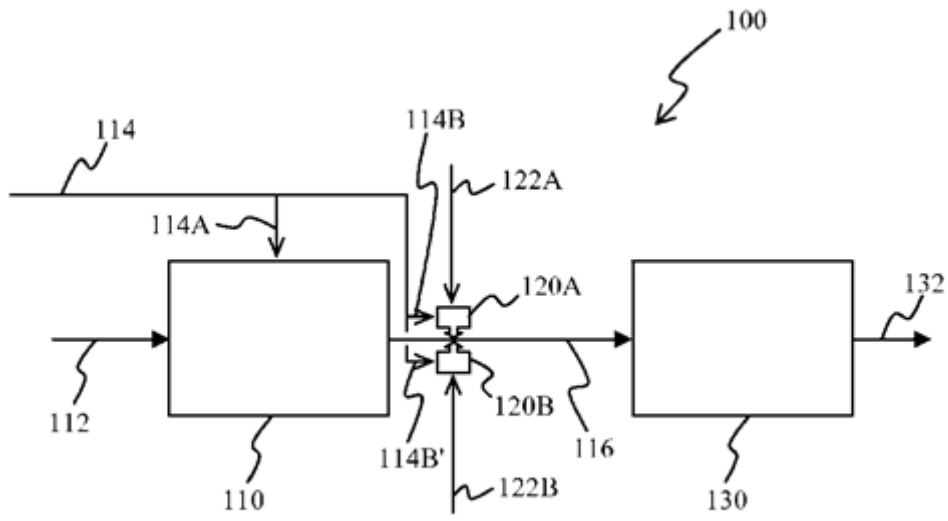


Figura 1

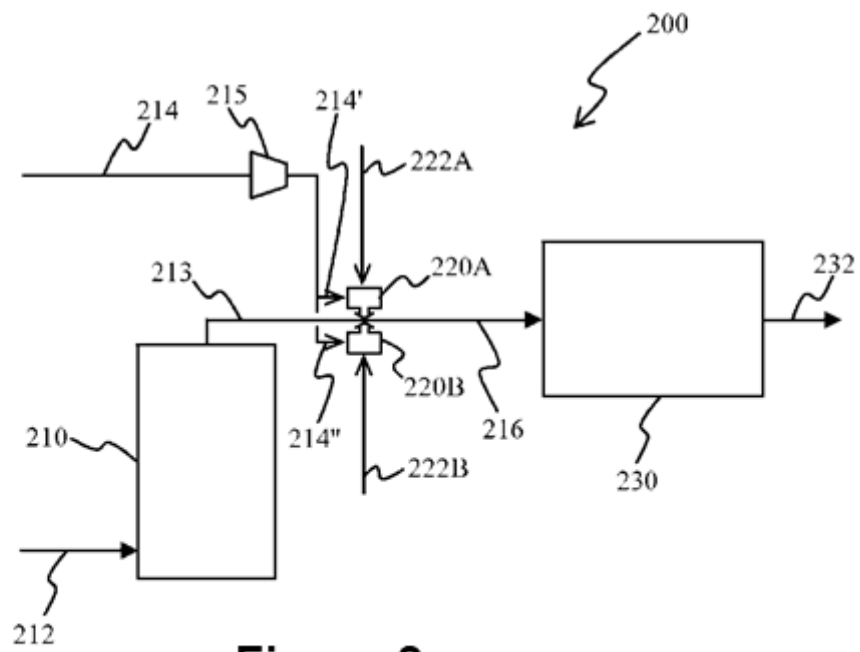


Figura 2