

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 817 543**

51 Int. Cl.:

**B05B 7/00** (2006.01)

**A61K 8/04** (2006.01)

**B65D 83/60** (2006.01)

**B65D 83/66** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.02.2014** **E 17164021 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.08.2020** **EP 3222362**

54 Título: **Dispensador de espuma**

30 Prioridad:

**01.02.2013 GB 201301875**

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

**07.04.2021**

73 Titular/es:

**KONINKLIJKE DOUWE EGBERTS B.V. (100.0%)**  
**Oosterdoksstraat 80**  
**1011 DK Amsterdam, NL**

72 Inventor/es:

**NICMANIS, MARK**

74 Agente/Representante:

**SALVÀ FERRER, Joan**

ES 2 817 543 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

Dispensador de espuma

- 5 La presente invención se refiere a dispensadores, en particular dispensadores de espuma capaces de producir una espuma usando un gas comprimido.

Los dispensadores de espuma y aerosol comunes producen una espuma o una pulverización en aerosol con compuestos orgánicos volátiles (COV), en donde los COV se proporcionan como un gas licuado que actúa como propelente. Por ejemplo, muchos dispensadores de aerosoles usan gas de petróleo licuado (GLP) o similares. Sin embargo, las agencias medioambientales en muchos países diferentes actualmente intentan eliminar gradualmente el uso de los COV en estos dispensadores debido a los riesgos para la salud asociados a ellos, tales como irritación sensorial y problemas respiratorios. Los COV también son inflamables y son más caros que los propelentes de gas comprimido.

- 15 Algunos dispensadores de espuma existentes producen espuma al pasar líquido y gas a través de pequeños orificios, lo que da como resultado la formación de burbujas a través de inestabilidades Rayleigh-Taylor en un orificio distinto. Debido a este mecanismo, el tamaño más pequeño de burbuja que pueden producir estos dispositivos de formación de espuma con pequeños orificios es aproximadamente igual al diámetro del orificio. Por lo tanto, para producir burbujas pequeñas, por ejemplo de alrededor de 60 micrómetros de diámetro, sería necesario que estos dispositivos de formación de espuma con pequeños orificios incluyeran orificios que tengan diámetros de aproximadamente 60 micrómetros.

Sin embargo, estos orificios pequeños pueden ser tanto difíciles como caros de fabricar. En particular, para producir orificios que tengan un diámetro de menos de un milímetro en un material suele ser necesario utilizar técnicas especializadas tales como perforación por láser, que son caras y no muy adecuadas para la fabricación de grandes volúmenes/costes bajos. Además, la perforación por láser tiene límites inherentes en las relaciones de aspecto de los orificios que se pueden fabricar, donde las relaciones de ancho a longitud del orificio están limitadas típicamente a 10 a 1. Por lo tanto, para producir un orificio muy pequeño mediante perforación por láser (por ejemplo de aproximadamente 60 micrómetros de diámetro) estos orificios tendrían que perforarse en un material fino (de aproximadamente 0,6 mm de espesor para un diámetro de orificio de 60 micrómetros). Esto a su vez plantea limitaciones en los materiales que pueden usarse.

Estos dispositivos de formación de espuma con pequeños orificios incluyen típicamente una multitud de pequeños orificios, ya que el uso de un solo orificio pequeño limita la velocidad a la que se puede incorporar gas en la espuma. En los dispositivos de formación de espuma que utilizan numerosos orificios pequeños, es necesario colocar estos orificios a distancias de separación equivalentes a varios diámetros de orificio con el fin de evitar que las burbujas emergentes en los orificios se reaglomeren en burbujas más grandes. Este requisito significa que los orificios pequeños no se pueden proporcionar utilizando materiales de bajo coste tales como mallas finas, materiales sinterizados o materiales porosos porque los orificios en estos materiales no están suficientemente separados. Por lo tanto, los fabricantes deben basarse en técnicas tales como la perforación por láser, como se ha explicado anteriormente.

Además, aspirar burbujas de gas a través de un orificio pequeño a una velocidad significativa requiere una caída de presión significativa en todo el orificio. Esto puede crearse pasando un líquido más allá del orificio, pero en el caso de pequeños orificios se requiere un gran caudal para crear una caída de presión suficiente en todo el orificio. A su vez, se requiere una presión significativa para llevar el líquido a un caudal lo suficientemente grande. Además, la velocidad de arrastre del gas en el flujo del líquido depende en gran medida del caudal del líquido y la presión en cada cara del orificio, lo que puede dar como resultado grandes variaciones en los tamaños de las burbujas y en los volúmenes de la fase gaseosa. Por ejemplo, si se utilizan pequeños orificios en sistemas de tipo aerosol empleando un propelente de gas comprimido, la presión del espacio superior puede variar entre 0,5 bares y 8 bares, dando como resultado grandes variaciones en los tamaños de las burbujas y en los volúmenes de la fase gaseosa.

Finalmente, los orificios pequeños son muy propensos a obstruirse. Por ejemplo, los orificios que tienen diámetros de 60 micrómetros pueden obstruirse fácilmente con polvo, cortes de materiales de fabricación o componentes de una formulación líquida que pueden secarse y fijarse en el orificio.

- 55 Hasta la fecha, no ha sido posible producir espumas de alta calidad satisfactoriamente sin el uso de COV garantizando al mismo tiempo que los dispositivos dispensadores sean apropiados para ser rentables de fabricar.

AU 2011 253 813 A1 describe un componente de formación de espuma para usar junto con un dispensador de espuma. El componente de formación de espuma incluye un elemento de aspersión de aire, una cámara de mezclado y una cámara de aire. La cámara de mezclado está en un lado del elemento de aspersión de aire y define una parte de la cámara de mezclado. La cámara de aire está en el otro lado del elemento de aspersión de aire y define una parte de la cámara de aire. La cámara de aire tiene una entrada de aire. La cámara de mezclado tiene una entrada de líquido y una salida, y la salida está corriente abajo de la entrada. El componente de formación de espuma también forma parte de un nuevo dispensador de espuma. El componente de formación de espuma y el dispensador de espuma son para usar en la producción de espuma con una pluralidad de partículas suspendidas en la misma.

US 5 842 607 A describe un dispositivo simplificado para usarlo con agua jabonosa diluida en un recipiente, estando el dispositivo adaptado para transformar mecánicamente el agua jabonosa junto con el aire ambiente en una espuma densa. El dispositivo comprende una ampolla que funciona manualmente como una fuente de aire ambiental presurizado y la única pieza móvil. El dispositivo comprende además conductos para el movimiento de aire y agua jabonosa, una cámara de mezclado, entradas con orificios de tamaño específico en la cámara de mezclado para una entrada medida predeterminada del aire y del agua jabonosa en la cámara de mezclado, un tapón poroso alargado para la cámara de mezclado y varias válvulas de retención. En funcionamiento, una parte del aire presurizado se dirige a través de un primer conducto para proporcionar aire, a través de un orificio de tamaño específico, en la cámara de mezclado. Simultáneamente, otra parte del aire presurizado se dirige a través de un segundo conducto hacia dentro de un depósito de agua jabonosa para forzar una cantidad relativa predeterminada de agua jabonosa a través de un tercer conducto y un segundo orificio de tamaño específico, en acoplamiento forzado con el aire entrante en la cámara de mezclado. La espuma resultante se empuja forzándola a través del tapón poroso para formar espuma. Una sola aplicación de presión de aire proporciona uniformemente la mezcla con la relación requerida a la cámara de mezclado, mientras se aspira agua jabonosa adicional hacia dentro del depósito. La espuma se extrae a través de un elemento de esponja de nailon poroso para formar la espuma.

La presente invención pretende abordar estas cuestiones proporcionando un dispositivo que posibilite la generación de espumas de calidad suficientemente alta (p. ej., que tengan un volumen de la fase gaseosa relativamente alto y un tamaño de burbuja relativamente pequeño y uniforme) sin requerir preferiblemente el uso de COV.

Según un ejemplo, se proporciona un dispensador para producir una microespuma sin requerir el uso de gas licuado, desde una salida, comprendiendo dicho dispensador: un receptáculo para contener una solución de tensioactivo; un medio para suministrar un gas; un medio para transportar dicha solución de tensioactivo en dicho receptáculo y dicho gas a lo largo de un paso de flujo hacia dicha salida; en donde dicho medio de transporte comprende un conducto que tiene una sección de formación de espuma para generar dicha espuma a partir de dicha solución de tensioactivo y dicho gas; en donde dicha sección de formación de espuma tiene dimensiones internas que comprenden un área de superficie interna humedecida ' $A_{WS}$ ', una longitud de flujo de dos fases  $L_{TP}$ , un volumen total  $V$  y una porosidad ' $P$ '; y en donde dichas dimensiones internas están caracterizadas por una relación entre un parámetro  $Y$  igual al área de superficie humedecida ' $A_{WS}$ ' multiplicada por la longitud de flujo de dos fases  $L_{TP}$  y divididas por el volumen  $V$ , la porosidad ' $P$ ' y las constantes  $K_1$  y  $K_2$ , en donde  $Y$  es positivo y no menor que  $K_1$  multiplicado por  $P$  y menos  $K_2$ , y las constantes  $K_1$  y  $K_2$  tienen valores de 1994 y 821, respectivamente, con un 10 % de tolerancia.

El gas puede mantenerse a una presión de entre 0,1 bar y 25 bares. El gas puede mantenerse a una presión de entre 0,3 bar y 8 bares.

Un ejemplo proporciona un dispensador para producir una espuma sin requerir el uso de gas licuado, desde una salida, comprendiendo dicho dispensador: un receptáculo para contener una solución de tensioactivo; un medio para suministrar un gas; un medio para transportar dicha solución de tensioactivo en dicho receptáculo y dicho gas a lo largo de un paso de flujo hacia dicha salida; en donde dicho medio de transporte comprende un conducto que tiene una sección de formación de espuma para generar dicha espuma a partir de dicha solución de tensioactivo y dicho gas; y en donde dicha sección de formación de espuma tiene dimensiones internas adaptadas para proporcionar una espuma que tenga una calidad caracterizada por límites predefinidos.

La sección de formación de espuma puede comprender, al menos, un elemento potenciador de espuma dispuesto en dicho paso de flujo, y el al menos un elemento potenciador de espuma puede proporcionar, al menos en parte, las dimensiones internas de la sección de formación de espuma.

El al menos un elemento potenciador de espuma puede comprender al menos uno de: un elemento generalmente esférico; un elemento generalmente cuboide; un elemento generalmente cilíndrico; un elemento generalmente cónico; un elemento poroso; y un elemento que se extiende desde una superficie interna de la sección de formación de espuma hacia dentro de dicho paso de flujo.

La sección de formación de espuma puede comprender, además, al menos un elemento de retención para retener al, al menos, un elemento potenciador de espuma dentro de la sección de formación de espuma.

Los límites predefinidos pueden comprender un diámetro medio de burbuja de menos de 70 micrómetros.

Los límites predefinidos pueden comprender un diámetro medio de burbuja de menos de 60 micrómetros.

Los límites predefinidos pueden comprender un diámetro medio de burbuja de entre 30 y 70 micrómetros.

Los límites predefinidos pueden comprender una uniformidad caracterizada por una desviación estándar de menos de 35 micrómetros.

Los límites predefinidos pueden comprender una uniformidad caracterizada por una desviación estándar de menos de 25 micrómetros.

Los límites predefinidos pueden comprender una uniformidad caracterizada por una desviación estándar de entre 10 y 35 micrómetros.

5 Las dimensiones internas pueden comprender un área de superficie humedecida mayor de 1800 milímetros cuadrados.

Las dimensiones internas pueden comprender un área de superficie humedecida mayor de 3000 milímetros cuadrados.

10 Las dimensiones internas pueden comprender un área de superficie humedecida de entre 4500 y 6000 milímetros cuadrados.

Las dimensiones internas pueden comprender una relación de área de superficie humedecida a volumen de espacio vacío mayor de 4 milímetros cuadrados por milímetro cúbico.

15 Las dimensiones internas pueden comprender una relación de área de superficie humedecida a volumen de espacio vacío mayor de 16 milímetros cuadrados por milímetro cúbico.

Las dimensiones internas pueden comprender una relación de área de superficie humedecida a volumen de espacio vacío de entre 20 y 25 milímetros cuadrados por milímetro cúbico.

20 Las dimensiones internas pueden comprender una relación de área de superficie humedecida a longitud de flujo de dos fases mayor de 3 milímetros cuadrados por milímetro.

25 Las dimensiones internas pueden comprender una relación de área de superficie humedecida a longitud de flujo de dos fases mayor de  $\pi$  milímetros cuadrados por milímetro.

Las dimensiones internas pueden comprender una relación de área de superficie humedecida a longitud de flujo de dos fases mayor de 8 milímetros cuadrados por milímetro.

30 Las dimensiones internas pueden comprender una longitud de flujo de dos fases mayor de 40 milímetros.

Las dimensiones internas pueden comprender una longitud de flujo de dos fases mayor de 60 milímetros.

35 Las dimensiones internas pueden comprender una longitud de flujo de dos fases mayor de 1200 milímetros.

Las dimensiones internas pueden comprender un diámetro de la sección de formación de espuma de menos de 10 milímetros.

40 Las dimensiones internas pueden comprender un diámetro de la sección de formación de espuma de menos de 4 milímetros.

Las dimensiones internas pueden comprender un diámetro de la sección de formación de espuma de entre 0,1 y 10 milímetros.

45 Los límites predefinidos pueden comprender una uniformidad caracterizada por una desviación estándar de menos del 60 % del diámetro medio de burbuja.

Los límites predefinidos pueden comprender una uniformidad caracterizada por una desviación estándar de menos del 50 % del diámetro medio de burbuja.

50 El receptáculo puede contener una solución de tensioactivo que tenga una tensión superficial por debajo de 50 dinas/cm. El receptáculo puede contener una solución de tensioactivo que tenga una viscosidad por debajo de 200 cP. El receptáculo puede contener una solución de tensioactivo que tenga una viscosidad por debajo de 50 cP.

55 El dispensador puede comprender además: un medio para aplicar presión a la solución de tensioactivo en dicho receptáculo para llevar dicha solución de tensioactivo a lo largo de dicho conducto y hacia dicha sección de formación de espuma y para llevar espuma generada por dicha sección de formación de espuma hacia dicha salida.

El medio de aplicación de presión puede proporcionarse mediante dicho gas que se mantiene bajo presión dentro de dicho receptáculo.

60 El gas puede mantenerse a una presión de entre 2 bares y 25 bares.

El gas puede mantenerse a una presión de entre 2 bares y 8 bares.

65 La concentración de dicho gas en dicha solución de tensioactivo puede ser de menos de 350 miligramos por kilogramo de dicha solución de tensioactivo.

El gas puede comprender un gas no licuado. El gas no licuado puede comprender al menos uno de: aire, nitrógeno, dióxido de carbono, uno o más gases nobles, óxido nitroso, oxígeno.

5 El medio de transporte puede comprender un tubo bifurcado que tenga una entrada de gas y una entrada de solución de tensioactivo que se encuentren en un punto de bifurcación en el que dicho gas y dicha solución de tensioactivo se mezclen, en funcionamiento, antes de entrar en la sección de formación de espuma.

La entrada de gas y dicha entrada de solución de tensioactivo pueden estar separadas verticalmente entre sí.

10 El punto de bifurcación puede configurarse para permanecer generalmente por debajo del nivel del líquido de la solución de tensioactivo.

El dispensador puede configurarse para producir una espuma sin usar compuestos orgánicos volátiles, COV.

15 El medio de suministro de gas y el medio de transporte pueden funcionar para proporcionar dicho gas y dicha solución de tensioactivo a la sección de formación de espuma con características de fluido que comprenden una velocidad superficial del gas ' $V_G$ ' y una velocidad superficial del líquido ' $V_L$ '; en donde dichas características de fluido se caracterizan por una relación entre la velocidad superficial del gas ' $V_G$ ', la velocidad superficial del líquido ' $V_L$ ' y las constantes  $C_1$  y  $C_2$ , en donde  $V_G$  no es más de  $C_1$  multiplicado por  $V_L$  y sumado a  $C_2$ , y las constantes  $C_1$  y  $C_2$  tienen valores de 18,4 y 507,4, respectivamente, con un 10 % de tolerancia.

25 Según un aspecto de la presente invención, se proporciona un dispensador para producir una microespuma sin requerir el uso de gas licuado, desde una salida, comprendiendo dicho dispensador: un receptáculo para contener una solución de tensioactivo; un medio para suministrar un gas; un medio para transportar dicha solución de tensioactivo en dicho receptáculo y dicho gas a lo largo de un paso de flujo hacia dicha salida; en donde dicho medio de transporte comprende un conducto que tiene una sección de formación de espuma para generar dicha espuma a partir de dicha solución de tensioactivo y dicho gas; en donde dicho medio de suministro de gas y dicho medio de transporte pueden funcionar para proporcionar dicho gas y dicha solución de tensioactivo a la sección de formación de espuma con características de flujo de fluido que comprenden una velocidad superficial del gas ' $V_G$ ' y una velocidad superficial del líquido ' $V_L$ '; y en donde dichas características de flujo de fluido se caracterizan por una relación entre la velocidad superficial del gas ' $V_G$ ', la velocidad superficial del líquido ' $V_L$ ' y las constantes  $C_1$  y  $C_2$ , en donde  $V_G$  no es más de  $C_1$  multiplicado por  $V_L$  sumado a  $C_2$ , y las constantes  $C_1$  y  $C_2$  tienen valores de 18,4 y 507,4, respectivamente, con un 10 % de tolerancia.

35 Dicho medio de suministro de gas y dicho medio de transporte pueden funcionar para proporcionar dicho gas y dicha solución de tensioactivo a la sección de formación de espuma con características de flujo de fluido caracterizadas por dicha relación entre la velocidad superficial del gas ' $V_G$ ', la velocidad superficial del líquido ' $V_L$ ' y las constantes  $C_1$  y  $C_2$  por medio del ajuste de al menos uno de: una presión aplicada a, al menos, uno de gas y solución de tensioactivo; un diámetro de un paso de flujo de fluido.

40 Según otro ejemplo, se proporciona un componente de formación de espuma, para un dispensador de espuma, para producir una espuma sin requerir el uso de gas licuado, comprendiendo dicho elemento de formación de espuma: un medio para transportar una solución de tensioactivo desde un receptáculo y un gas a lo largo de un paso de flujo; en donde dicho medio de transporte comprende un conducto que tiene una sección de formación de espuma para generar dicha espuma a partir de dicha solución de tensioactivo y dicho gas; en donde dicha sección de formación de espuma tiene dimensiones internas que comprenden un área de superficie interna humedecida ' $A_{WS}$ ', una longitud de flujo de dos fases  $L_{TP}$ , un volumen total  $V$  y una porosidad ' $P$ '; y en donde dichas dimensiones internas están caracterizadas por una relación entre un parámetro  $Y$  igual al área de superficie humedecida ' $A_{WS}$ ' multiplicada por la longitud de flujo de dos fases  $L_{TP}$  y dividida por el volumen  $V$ , la porosidad ' $P$ ' y las constantes  $K_1$  y  $K_2$ , en donde  $Y$  es positivo y no menor que  $K_1$  multiplicado por  $P$  y menos  $K_2$ , y las constantes  $K_1$  y  $K_2$  tienen valores de 1994 y 821, respectivamente, con un 10 % de tolerancia.

55 Según otro ejemplo, se proporciona un componente de formación de espuma, para un dispensador de espuma, para producir una espuma sin requerir el uso de gas licuado, comprendiendo dicho elemento de formación de espuma: un medio para transportar una solución de tensioactivo desde un receptáculo y un gas a lo largo de un paso de flujo; en donde dicho medio de transporte comprende un conducto que tiene una sección de formación de espuma para generar dicha espuma a partir de dicha solución de tensioactivo y dicho gas; y en donde dicha sección de formación de espuma tiene dimensiones internas adaptadas para proporcionar una espuma que tenga una calidad caracterizada por límites predefinidos.

60 Según otro ejemplo, se proporciona un dispensador para producir una espuma sin requerir el uso de gas licuado, desde una salida, comprendiendo dicho dispensador: un receptáculo para contener una solución de tensioactivo; un medio para suministrar un gas; un medio para transportar dicha solución de tensioactivo en dicho receptáculo y dicho gas a lo largo de un paso de flujo hacia dicha salida; en donde dicho medio de transporte comprende un conducto que tiene una sección de formación de espuma para generar dicha espuma a partir de dicha solución de tensioactivo y dicho gas; y en donde dicha sección de formación de espuma tiene dimensiones internas que se ajustan a, al menos, uno de los siguientes

parámetros: un área de superficie humedecida mayor de 1800 milímetros cuadrados; una relación de área de superficie humedecida a volumen de espacio vacío mayor de 4 milímetros cuadrados por milímetro cúbico; un diámetro de sección de formación de espuma de menos de 10 milímetros; y una longitud de flujo de dos fases mayor de 40 milímetros. El gas puede mantenerse a una presión de entre 2 bares y 8 bares.

5 Según otro ejemplo, se proporciona un método para producir una espuma sin requerir el uso de gas licuado, usando un dispensador de espuma como se ha descrito anteriormente, o usando un componente de formación de espuma como se ha descrito anteriormente.

10 Según otro ejemplo, se proporciona una espuma producida sin requerir el uso de gas licuado, usando un dispensador de espuma como se ha descrito anteriormente, o usando un componente de formación de espuma como se ha descrito anteriormente.

15 La espuma puede comprender al menos uno de los siguientes límites: un diámetro medio de burbuja de menos de 70 micrómetros; un diámetro medio de burbuja de menos de 60 micrómetros; un diámetro medio de burbuja de entre 30 y 70 micrómetros; una desviación estándar de menos de 35 micrómetros; una desviación estándar de menos de 25 micrómetros; una desviación estándar de entre 10 y 35 micrómetros.

20 Según otro ejemplo, se proporciona un método para producir una espuma sin requerir el uso de gas licuado, comprendiendo dicho método: contener, en un receptáculo, una solución de tensioactivo; transportar dicha solución de tensioactivo en dicho receptáculo y un gas desde un suministro de gas a lo largo de un paso de flujo hacia una salida; en donde dicha etapa de transportar comprende transportar dicha solución de tensioactivo y dicho gas en un conducto que tiene una sección de formación de espuma para generar dicha espuma a partir de dicha solución de tensioactivo y dicho gas; en donde dicha sección de formación de espuma tiene dimensiones internas que comprenden un área de superficie interna humedecida ' $A_{WS}$ ', una longitud de flujo de dos fases  $L_{TP}$ , un volumen total  $V$  y una porosidad ' $P$ '; y en donde dichas dimensiones internas están caracterizadas por una relación entre un parámetro  $Y$  igual al área de superficie humedecida ' $A_{WS}$ ' multiplicada por la longitud de flujo de dos fases  $L_{TP}$  y dividida por el volumen  $V$ , la porosidad ' $P$ ' y las constantes  $K_1$  y  $K_2$ , en donde  $Y$  es positivo y no menor que  $K_1$  multiplicado por  $P$  y menos  $K_2$ , y las constantes  $K_1$  y  $K_2$  tienen valores de 1994 y 821, respectivamente, con un 10 % de tolerancia.

30 Según otro aspecto de la presente invención, se proporciona un método para producir una espuma sin requerir el uso de gas licuado, comprendiendo dicho método: contener, en un receptáculo, una solución de tensioactivo; transportar dicha solución de tensioactivo en dicho receptáculo y un gas desde un suministro de gas a lo largo de un paso de flujo hacia una salida; en donde dicha etapa de transportar comprende transportar dicha solución de tensioactivo y dicho gas en un conducto que tiene una sección de formación de espuma para generar dicha espuma a partir de dicha solución de tensioactivo y dicho gas; en donde dicho gas y dicha solución de tensioactivo se proporcionan a la sección de formación de espuma con las características de flujo de fluido que comprenden una velocidad superficial del gas ' $V_G$ ' y una velocidad superficial del líquido ' $V_L$ '; y en donde dichas características de flujo de fluido se caracterizan por una relación entre la velocidad superficial del gas ' $V_G$ ', la velocidad superficial del líquido ' $V_L$ ' y las constantes  $C_1$  y  $C_2$ , en donde  $V_G$  no es más de  $C_1$  multiplicado por  $V_L$  sumado a  $C_2$ , y las constantes  $C_1$  y  $C_2$  tienen valores de 18,4 y 507,4, respectivamente, con un 10 % de tolerancia.

45 Dicho gas y dicha solución de tensioactivo pueden proporcionarse a la sección de formación de espuma con características de flujo de fluido caracterizadas por dicha relación entre la velocidad superficial del gas ' $V_G$ ', la velocidad superficial del líquido ' $V_L$ ' y las constantes  $C_1$  y  $C_2$  ajustando al menos uno de: una presión aplicada a, al menos, uno de gas y solución de tensioactivo; un diámetro de un paso de flujo de fluido.

50 Según otro ejemplo, se proporciona un dispensador para producir una microespuma sin requerir el uso de gas licuado, desde una salida, comprendiendo dicho dispensador: un receptáculo para contener una solución de tensioactivo; un suministro de gas para suministrar un gas; un canal para transportar dicha solución de tensioactivo en dicho receptáculo y dicho gas a lo largo de un paso de flujo hacia dicha salida; en donde dicho canal comprende un conducto que tiene una sección de formación de espuma para generar dicha espuma a partir de dicha solución de tensioactivo y dicho gas; en donde dicha sección de formación de espuma tiene dimensiones internas que comprenden un área de superficie interna humedecida ' $A_{WS}$ ', una longitud de flujo de dos fases  $L_{TP}$ , un volumen total  $V$  y una porosidad ' $P$ '; y en donde dichas dimensiones internas están caracterizadas por una relación entre un parámetro  $Y$  igual al área de superficie humedecida ' $A_{WS}$ ' multiplicada por la longitud de flujo de dos fases  $L_{TP}$  y dividida por el volumen  $V$ , la porosidad ' $P$ ' y las constantes  $K_1$  y  $K_2$ , en donde  $Y$  es positivo y no menor que  $K_1$  multiplicado por  $P$  y menos  $K_2$ , y las constantes  $K_1$  y  $K_2$  tienen valores de 1994 y 821, respectivamente, con un 10 % de tolerancia.

60 Según otro aspecto de la presente invención, se proporciona un dispensador para producir una microespuma sin requerir el uso de gas licuado, desde una salida, comprendiendo dicho dispensador: un receptáculo para contener una solución de tensioactivo; un suministro de gas para suministrar un gas; un canal [para transportar] dicha solución de tensioactivo en dicho receptáculo y dicho gas a lo largo de un paso de flujo hacia dicha salida; en donde dicho canal comprende un conducto que tiene una sección de formación de espuma para generar dicha espuma a partir de dicha solución de tensioactivo y dicho gas; en donde dicho suministro de gas y dicho canal pueden funcionar para proporcionar dicho gas y dicha solución de tensioactivo a la sección de formación de espuma con características de flujo de fluido que

comprenden una velocidad superficial del gas ' $V_G$ ' y una velocidad superficial del líquido ' $V_L$ '; y en donde dichas características de flujo de fluido se caracterizan por una relación entre la velocidad superficial del gas ' $V_G$ ', la velocidad superficial del líquido ' $V_L$ ' y las constantes  $C_1$  y  $C_2$ , en donde  $V_G$  no es más de  $C_1$  multiplicado por  $V_L$  sumado a  $C_2$ , y las constantes  $C_1$  y  $C_2$  tienen valores de 18,4 y 507,4, respectivamente, con un 10 % de tolerancia.

Según otro ejemplo, se proporciona un método para producir una espuma sin requerir el uso de gas licuado, comprendiendo dicho método: contener, en un receptáculo, una solución de tensioactivo; transportar dicha solución de tensioactivo en dicho receptáculo y un gas desde un suministro de gas a lo largo de un paso de flujo hacia una salida; en donde dicha etapa de transportar comprende transportar dicha solución de tensioactivo y dicho gas en un conducto que tiene una sección de formación de espuma para generar dicha espuma a partir de dicha solución de tensioactivo y dicho gas; y en donde dicha sección de formación de espuma tiene dimensiones internas adaptadas para proporcionar una espuma que tenga una calidad caracterizada por límites predefinidos.

Según otro ejemplo, se proporciona un dispensador para producir una espuma, desde una salida, comprendiendo dicho dispensador: un receptáculo para contener una solución de tensioactivo; un medio para suministrar un gas; un medio para transportar dicha solución de tensioactivo en dicho receptáculo y dicho gas a lo largo de un paso de flujo hacia dicha salida; en donde dicho medio de transporte comprende un conducto que tiene una sección de formación de espuma para generar dicha espuma a partir de dicha solución de tensioactivo y dicho gas; y en donde dicha sección de formación de espuma tiene dimensiones internas adaptadas para proporcionar una espuma que tenga una calidad caracterizada por límites predefinidos.

A continuación se describirán realizaciones de la presente invención, solo a modo de ejemplo, con referencia a las siguientes figuras, en donde:

la Figura 1 ilustra de forma esquemática, en una visión general simplificada, un sistema de dispensación para dispensar espuma;

la Figura 2 ilustra, de forma simplificada, una realización específica de un dispositivo de dispensación para dispensar una espuma;

la Figura 3 ilustra, de forma simplificada, otra realización de un dispositivo de dispensación para dispensar una espuma;

la Figura 4 ilustra, de forma simplificada, parte de una sección de formación de espuma de un dispositivo de dispensación;

la Figura 5 ilustra, de manera simplificada, una muestra de espuma creada utilizando un dispensador de espuma conocido;

la Figura 6 ilustra, de forma simplificada, una muestra de espuma creada utilizando un dispositivo de dispensación que corresponde sustancialmente al dispositivo de dispensación ilustrado en la Figura 2;

la Figura 7 es un gráfico que muestra una distribución de densidad numérica para un intervalo de diámetros de burbujas, para las muestras de espuma ilustradas en las Figuras 5 y 6;

la Figura 8 es una ilustración simplificada de una sección a través de un dispositivo de dispensación según otra realización;

la Figura 9 es una ilustración del aparato usado en el trabajo experimental relacionado con el dispositivo de dispensación;

la Figura 10 es una ilustración de elementos potenciadores de espuma ilustrativos para utilizar en el dispositivo de dispensación;

la Figura 11 es un gráfico que ilustra las características dimensionales del dispositivo de formación de espuma requerido para proporcionar una espuma; y

la Figura 12 es un gráfico que ilustra las características del fluido requerido para proporcionar una espuma de una calidad deseada.

La Figura 1 ilustra de forma esquemática, en una visión general simplificada, un sistema 8 de dispensación según la presente invención. El sistema de dispensación comprende un suministro de una solución 11 de tensioactivo (o una solución que comprende otro agente de formación de espuma apropiado) y un suministro 13 de gas. La solución 11 de tensioactivo y el suministro 13 de gas están en comunicación de fluidos con una sección 15 de formación de espuma que está configurada para mezclar la solución de tensioactivo con el gas proporcionado por el suministro 13 de gas para formar una espuma que tenga las propiedades deseadas. La sección 15 de formación de espuma está en comunicación de fluidos con una salida 19 a través de una válvula 17 para permitir que la mezcla espumada de solución de tensioactivo y gas se transporte desde la sección 15 de formación de espuma hasta la salida 17, donde la espuma puede salir del sistema 8 de dispensación. De forma ventajosa, la sección 15 de formación de espuma está configurada para producir una espuma formada por burbujas que son sustancialmente menores que el tamaño de orificio más pequeño en la sección de formación de espuma. Esto significa que pueden crearse burbujas pequeñas,

que tengan por ejemplo diámetros de aproximadamente 60 micrómetros, sin la necesidad de hacer aberturas muy pequeñas, por ejemplo de un diámetro de cerca de 60 micrómetros.

Se aplica presión a la solución 11 de tensioactivo, desde una fuente 10 adecuada, para llevar la solución 11 de tensioactivo hacia dentro de la sección 15 de formación de espuma. Aunque no se ha ilustrado, se apreciará que la misma fuente 10 de presión, o una fuente de presión distinta, puede aplicarse para llevar el gas 13 hacia dentro de la sección 15 de formación de espuma. La solución 11 de tensioactivo comprende un tensioactivo líquido, mientras que el gas contenido en el suministro de gas comprende, en esta realización, un gas no licuado, proporcionando un propelente de gas comprimido. De forma ventajosa, no es necesario que el gas contenga compuestos orgánicos volátiles (COV).

Como el gas 13 no se proporciona en forma licuada, en ejemplos en los que el gas 13 y la solución 11 de tensioactivo se almacenan en el mismo receptáculo solo habrá una cantidad de gas comparativamente pequeña, o ninguna, en la solución 11 de tensioactivo (generalmente en forma disuelta), a diferencia de los dispensadores de espuma que utilizan propelentes de gas licuado. En ejemplos en los que el gas 13 y la solución 11 de tensioactivo se almacenan en receptáculos diferentes, sus pasos de flujo pueden combinarse, por ejemplo, en un conector en T o en un conector en Y antes de entrar en la sección 15 de formación de espuma.

Durante el uso, por lo tanto, tanto la solución de tensioactivo como el gas entran en la sección 15 de formación de espuma, haciendo que la solución de tensioactivo y el gas se combinen para formar una espuma que comprenda burbujas de gas dentro del tensioactivo líquido, que tiene características deseadas predefinidas.

En particular, el sistema 8 de dispensación está configurado para producir una «microespuma». Esta se define como una espuma en la que el ojo humano no puede apreciar las burbujas en sí y, por lo tanto, la espuma parece continua.

Las espumas en las que el ojo humano no puede apreciar las burbujas en sí tienen, típicamente, un diámetro medio de burbuja por debajo de 100 micrómetros y un alto grado de uniformidad.

Típicamente, las microespumas tendrán las características descritas a continuación.

Las microespumas tendrán un volumen de fase gaseosa relativamente alto, típicamente mayor del 90 % para las soluciones de tensioactivo. Para las microespumas formadas con leches, el volumen de la fase gaseosa será mayor del 75 %, y para las microespumas formadas con natas el volumen de la fase gaseosa será mayor del 60 %.

Para ser invisible a simple vista, un diámetro medio de burbuja menor de 100 micrómetros será suficiente en la mayoría de los casos, aunque para una microespuma de calidad particularmente alta el diámetro medio de burbuja será preferiblemente menor de 40 micrómetros.

Las distribuciones del tamaño de las burbujas tendrán un alto grado de uniformidad, teniendo típicamente una desviación estándar de menos de 25 micrómetros.

Una microespuma de buena calidad producida por un dispositivo de formación de espuma tendrá, preferiblemente, las características descritas anteriormente, y será una espuma suave y continua sin la presencia de burbujas relativamente grandes (por ejemplo, de más de un milímetro de diámetro) o de bolsas de aire.

Para muchas aplicaciones, por ejemplo, las siguientes características son deseables en general: un volumen objetivo de la fase gaseosa que sea relativamente alto (típicamente, por ejemplo, de más del 90 % o más preferiblemente de más del 95 %), un diámetro medio de burbuja relativamente pequeño (típicamente, por ejemplo, por debajo de 100 micrómetros, más preferiblemente por debajo de 70 y todavía más preferiblemente de alrededor de 60 micrómetros o incluso inferior, o de entre 30 y 70 micrómetros), una baja desviación estándar en el diámetro de burbuja (típicamente, por ejemplo, por debajo de 35 micrómetros y más preferiblemente en la región de 25 micrómetros más o menos 2 micrómetros, o incluso un valor inferior, o entre 10 y 35 micrómetros). Además, la desviación estándar puede representar menos del 60 % del diámetro medio de burbuja, o más preferiblemente menos del 50 % del diámetro medio de burbuja.

La presión ejercida sobre el tensioactivo por la fuente 10 de presión, además de llevar el tensioactivo contenido para que entre en la sección 15 de formación de espuma, también lleva la espuma contenida dentro de la sección 15 de formación de espuma para que pase al interior de la válvula 17 y salga del sistema 8 de dispensación en la salida 19. Si se utiliza una fuente de presión distinta a la fuente 10 de presión para propulsar el gas 13 dentro de la sección 15 de formación de espuma, entonces esta fuente de presión distinta también ayuda a llevar la espuma contenida dentro de la sección 15 de formación de espuma.

La válvula 17 puede ocupar una posición abierta o cerrada. Cuando la válvula 17 está en la posición abierta, se deja fluir la espuma desde la sección 15 de formación de espuma hasta la salida 19, y cuando la válvula 17 está en la posición cerrada, se impide o se restringe el flujo de espuma desde la sección 15 de formación de espuma hasta la salida 19. De esta manera, la válvula 17 controla la dispensación de espuma desde el sistema 8 de dispensación.

Solo a modo de ejemplo, en una espuma ilustrativa producida en una experimentación inicial, la espuma formada tiene un diámetro medio de burbuja de aproximadamente 60 micrómetros y una desviación estándar en el diámetro de burbuja de aproximadamente 25 micrómetros en un tiempo de aproximadamente 3 segundos después de que la espuma se haya dispensado desde el sistema 8 de dispensación.

Además, en una experimentación posterior, se ha descubierto que el sistema 8 de dispensación ilustrado en la Figura 1 era capaz de producir una microespuma cuando la sección 15 de formación de espuma se ajustaba a determinados parámetros. Concretamente, se ha identificado un número de parámetros en una experimentación posterior como un indicador bien fundamentado de si una sección 15 de formación de espuma puede producir una microespuma, y la calidad de la microespuma que se puede producir. Estos parámetros se presentarán a continuación brevemente. El espacio paramétrico encontrado para producir microespumas en general y que afecta a la calidad de las microespumas se describirá con mayor detalle más adelante con respecto a los experimentos utilizados para derivarlos.

Se ha descubierto que la porosidad es un parámetro importante para determinar si una sección 15 de formación de espuma puede producir una microespuma de buena calidad. La porosidad se define como la proporción de espacio vacío dentro de una sección 15 de formación de espuma con respecto al volumen total de la sección de formación de espuma. Por ejemplo, la porosidad de un tubo hueco es 1.

Se ha descubierto que el área de superficie humedecida  $A_{WS}$  de la sección 15 de formación de espuma es un parámetro importante para determinar si una sección 15 de formación de espuma puede producir una microespuma, en particular un parámetro indicado como  $Y$  que es igual al área de superficie humedecida  $A_{WS}$  multiplicada por la longitud de flujo de dos fases  $L_{TP}$  y dividida por el volumen total  $V$  de la sección de formación de espuma.

$$Y = \frac{A_{WS} L_{TP}}{V}$$

En la siguiente explicación, se supone que la sección de formación de espuma tiene un área de sección transversal constante  $A_{CS}$  y, por lo tanto, el parámetro  $Y$  es equivalente a la relación  $R_{WS-CS}$  del área de superficie humedecida  $A_{WS}$  al área de sección transversal  $A_{CS}$  de la sección 15 de formación de espuma.

$$R_{WS-CS} = \frac{A_{WS}}{A_{CS}}$$

El área de superficie humedecida  $A_{WS}$  se define como el área de superficie total dentro de la sección de formación de espuma, incluido cualquier elemento potenciador de espuma (también denominado material de envasado). En el caso de una sección de formación de espuma formada a partir de un tubo equipado con elementos potenciadores de espuma, el área de superficie humedecida  $A_{WS}$  es el área de la superficie interior del tubo más el área de superficie total de los elementos potenciadores de espuma. En el caso de una sección de formación de espuma formada a partir de un material poroso, el área de superficie humedecida  $A_{WS}$  es el área de superficie de todos los poros a través de los cuales puede fluir líquido y gas. El área de sección transversal  $A_{CS}$  es el área total de una sección a través de la sección de formación de espuma tomada perpendicular a la dirección general del flujo de fluido.

Se ha descubierto que la velocidad superficial del gas 13 y la solución 11 de tensioactivo son parámetros importantes para determinar si una sección 15 de formación de espuma puede producir una microespuma de buena calidad. La velocidad superficial se define como la velocidad del gas o líquido a través del espacio vacío en la sección de formación de espuma, es decir, velocidad superficial =  $Q/(\epsilon A_{CS})$  donde:  $Q$  es el caudal volumétrico del gas o del líquido;  $\epsilon$  es la porosidad de la sección de formación de espuma;  $A_{CS}$  es el área de sección transversal de la sección de formación de espuma. Se observa que al calcular la velocidad superficial del líquido o gas, se ignora la presencia de la otra fase, p. ej., la velocidad superficial del gas se calcula suponiendo que no hay líquido presente en el sistema y viceversa. Además, en los ejemplos en los que la sección de formación de espuma no tiene un área de sección transversal constante, el parámetro  $A_{CS}$  se sustituye por  $V / L_{TP}$ .

De forma ventajosa, el sistema 8 de la Figura 1 está configurado de tal manera que la relación  $R_{WS-CS}$  del área de superficie humedecida  $A_{WS}$  al área de sección transversal  $A_{CS}$  de la sección 15 de formación de espuma, la porosidad de la sección 15 de formación de espuma y las velocidades superficiales del gas 13 y la solución 11 de tensioactivo están en un espacio paramétrico, como se describe con más detalle más adelante, lo que garantiza que pueda obtenerse una microespuma de buena calidad a partir del sistema 8 de dispensación.

La Figura 2 ilustra una realización de un dispositivo 20 de dispensación. El dispositivo 20 de dispensación comprende un recipiente en forma de receptáculo cerrado 37 para contener una solución 21 de tensioactivo y un propelente 23 de gas comprimido bajo presión que son mezclados, durante el funcionamiento, por el dispositivo de dispensación para formar una espuma 41. El receptáculo 37 tiene una abertura 39 que se sella mediante una válvula 27. La válvula 27 forma un sello hermético con el receptáculo 37 para que, cuando la válvula esté cerrada, ni el propelente 23 de gas comprimido ni la solución 21 de tensioactivo puedan salir del receptáculo 37. Esto es particularmente importante ya

que en esta realización el uso de un propelente de gas comprimido significa que la presión dentro del receptáculo 37 será mayor que la presión atmosférica que rodea al receptáculo.

5 Como se ilustra, en esta realización el receptáculo 37 funciona como un suministro de gas y como un suministro de solución de tensioactivo (p. ej., desempeñando las funciones del suministro de solución 11 de tensioactivo y del suministro 13 de gas de la Figura 1).

10 La válvula 27 comprende una entrada 45 de válvula y un vástago 47 de válvula que está conectado de forma móvil a la válvula 27 de manera deslizable. El vástago 47 de válvula comprende una entrada 49 de vástago de válvula dispuesta cerca de un extremo inferior del vástago 47 de válvula y una salida 57 de válvula dispuesta cerca de un extremo superior del vástago 47 de válvula, estando la entrada 49 de vástago de válvula y la salida 57 de válvula en comunicación de fluidos a través de un canal 51. El vástago 47 de válvula puede moverse entre una posición abierta y una posición cerrada. En la posición abierta, se permite la comunicación de fluidos entre la entrada 45 de válvula y la salida 57 de válvula a través de la entrada 49 de vástago de válvula y el canal 51. Cuando el vástago 47 de válvula está en su posición cerrada, se impide esta comunicación de fluidos debido al sellado de la entrada 49 de vástago de válvula causado por el acoplamiento de la entrada 49 de vástago de válvula con una superficie de la válvula 27. El vástago 47 de válvula es empujado a la posición cerrada por un muelle 43.

20 El dispositivo de dispensación comprende además un accionador 55 montado en el vástago 47 de válvula para que un usuario accione la válvula mediante presión. El accionador 55 comprende una boquilla 29 para dirigir la espuma que sale de la salida 57 de válvula para descargar la espuma desde el dispositivo 20 de dispensación.

25 Como se muestra en la Figura 2, se proporciona un conducto 60 de fluidos en el receptáculo 37 para enviar la solución 21 de tensioactivo y el gas 23 a una sección 25 de formación de espuma del conducto 60 y para enviar espuma desde la sección 25 de formación de espuma a la válvula 27. El conducto 60 de fluidos, en esta realización, comprende un tubo bifurcado que tiene una sección 35 de entrada de gas dispuesta para recibir el gas y una sección 33 de entrada de líquido dispuesta para recibir la solución de tensioactivo. Las secciones 33, 35 de entrada de gas y líquido convergen en un colector 31 en la intersección del tubo bifurcado para conducir el gas 23 y la solución 21 de tensioactivo respectivamente dentro de una sección común del conducto 60 de fluidos, en cuya sección común se proporciona la sección 25 de formación de espuma. Por consiguiente, en este ejemplo, la sección 25 de formación de espuma está corriente abajo de las secciones 33, 35 de entrada de líquido y gas. En esta realización, la sección 25 de formación de espuma del conducto 60 de fluidos se extiende desde la bifurcación del conducto 60 de fluidos hasta un extremo del conducto de fluidos distal de la bifurcación, en dicho extremo el conducto 60 de fluidos se conecta a la válvula 27.

35 Preferiblemente, la longitud de la sección 25 de formación de espuma es mayor de 10 mm y más preferiblemente está en el intervalo de 50 a 70 mm.

40 Como se ilustra, la sección 33 de entrada de líquido se extiende cerca de la base del receptáculo 37, mientras que la sección 35 de entrada de gas se extiende cerca de la parte superior del receptáculo 37. Esta disposición garantiza que, cuando el dispositivo 20 de dispensación esté orientado en su posición vertical (como se ilustra en la Figura 2), la solución 21 de tensioactivo, que tiene mayor densidad que el propelente 23 de gas comprimido, ocupará una parte inferior del receptáculo 37, mientras que el propelente 23 de gas comprimido ocupará la parte restante en la parte superior del receptáculo 37 no ocupada por la solución de tensioactivo, denominada espacio superior. Sin embargo, se observa que cuando el dispositivo 20 de dispensación se mantiene en una orientación diferente, en particular una orientación boca abajo, la sección 35 de entrada de gas puede servir como una sección de entrada de líquido, y la sección 33 de entrada de líquido puede servir como una sección de entrada de gas.

50 Como se ha mencionado anteriormente, el propelente 23 de gas comprimido, debido a su naturaleza comprimida, crea una presión dentro del receptáculo 37 que es mayor que la presión atmosférica que existe fuera del receptáculo. Por lo tanto, el propelente 23 de gas comprimido ejerce una fuerza sobre la solución 21 de tensioactivo. Preferiblemente, la presión del propelente de gas en el espacio superior está por encima de 0,1 bar, y más preferiblemente está por encima de 2 bares, y preferiblemente por debajo de 25 bares. Como la entrada 33 de líquido está situada por debajo del nivel de líquido de la solución de tensioactivo (como se ilustra en la Figura 2), la fuerza ejercida sobre la solución 21 de tensioactivo por el propelente 23 de gas comprimido lleva a la solución 21 de tensioactivo a entrar en la sección 25 de formación de espuma a través de la sección 33 de entrada de líquido. Como la sección 35 de entrada de gas está situada por encima del nivel de líquido de la solución de tensioactivo, el propelente de gas comprimido puede entrar en la sección 25 de formación de espuma a través de la entrada 35 de gas.

60 Cuando la válvula 27 está cerrada, es decir, cuando el vástago 47 de válvula ocupa su posición cerrada, el dispositivo 20 de dispensación está sellado y no se permite que salga nada de solución de tensioactivo ni propelente de gas del dispositivo 20 de dispensación. Sin embargo, cuando la válvula 27 está abierta, es decir, cuando el vástago 47 de válvula ocupa su posición abierta, la solución 21 de tensioactivo y el propelente 23 de gas pueden salir del dispositivo 20 de dispensación a través de la salida 57 de válvula y la boquilla 29. En esta situación, debido a la fuerza ejercida sobre la solución 21 de tensioactivo por el propelente 23 de gas comprimido, la solución 21 de tensioactivo se aspira dentro de la sección 25 de formación de espuma a través de la entrada 33 de líquido y del colector 31. La acción de la solución 21 de tensioactivo pasando por la entrada de gas del colector 31 hace que el propelente 23 de gas se aspire dentro de la corriente de flujo de

la solución de tensioactivo y, por tanto, dentro del colector 31 y la sección 25 de formación de espuma. Además, el gas se hace entrar en el vapor de flujo por la presión del espacio superior del receptáculo 37.

En esta realización, la sección 25 de formación de espuma comprende un número de elementos 53 potenciadores de espuma dispuestos dentro de la sección 25 de formación de espuma y a lo largo del paso de flujo de la solución de tensioactivo y del propelente de gas. La presencia de elementos 53 potenciadores de espuma dentro de la sección 25 de formación de espuma hace que la sección 25 de formación de espuma tenga parámetros que garanticen que la sección de formación de espuma pueda producir una microespuma. En particular, la relación  $R_{WS-CS}$  del área de superficie humedecida  $A_{WS}$  al área de sección transversal  $A_{CS}$ , la porosidad de la sección 25 de formación de espuma y las velocidades superficiales del gas 23 y de la solución 21 de tensioactivo a través de la sección 25 de formación de espuma están configurados para producir una microespuma.

La experimentación inicial ha indicado que la presencia de los elementos 53 potenciadores de espuma dentro de la sección 25 de formación de espuma posibilita que la sección 25 de formación de espuma se ajuste al menos a los parámetros clave 1 y 2 de la Tabla 1, al mismo tiempo que se usa una sección de formación de espuma de dimensiones apropiadas (p. ej., una longitud de menos de 70 mm) de manera que pueda caber fácilmente dentro de digamos un bote de aerosol de un tamaño típico (por ejemplo, 100 - 200 mm de altura). La experimentación posterior ha ayudado a definir además los parámetros requeridos para producir una microespuma aceptable y los parámetros que afectaban a la calidad de la microespuma (p. ej., como se indica en las Figuras 11 y 12).

La experimentación inicial ha indicado que la relación de área de superficie humedecida a longitud de flujo de dos fases es mayor de 3 milímetros cuadrados por milímetro, o más preferiblemente mayor de  $\pi$  milímetros cuadrados por milímetro. Una mayor relación de área de superficie humedecida a longitud de flujo de dos fases puede ser preferible para producir una espuma deseada, por ejemplo mayor de 8 milímetros cuadrados por milímetro.

En este ejemplo, los elementos 53 potenciadores de espuma comprenden una pluralidad de perlas de vidrio generalmente esféricas (u otro material apropiado tal como un material plástico).

La sección 25 de formación de espuma también incluye retenes 65 y 67 que están dispuestos en extremos opuestos de la sección 25 de formación de espuma. Los retenes 65, 67 están situados dentro del paso de flujo de la sección 25 de formación de espuma, y se forman de un material de tipo malla para permitir que la solución 21 de tensioactivo y el gas 23 (junto con una espuma que se componga de la solución de tensioactivo y el gas) pasen a través de ellos y, por lo tanto, se desplacen a lo largo del conducto 60 de fluidos. Sin embargo, los retenes 65, 67 inhiben el movimiento de los elementos 53 potenciadores de espuma a lo largo del conducto 60 de fluidos, manteniendo así la posición de los elementos 53 potenciadores de espuma y evitando su descarga del dispositivo 20 de dispensación.

Mientras la válvula 27 permanece abierta, la espuma 41 formada a partir de la solución 21 de tensioactivo y el propelente 23 de gas se transporta a través de la sección 25 de formación de espuma y hacia dentro de la válvula 27 a través de la entrada 45 de válvula. La configuración abierta de la válvula 27 permite que la espuma pase a través de la válvula, y luego la espuma 41 se descargue del dispositivo 20 de dispensación en la salida 29 del accionador.

La presencia de los elementos 53 potenciadores de espuma produce un mejor mezclado del gas 23 con la solución 21 de tensioactivo y potencia la formación de la espuma 41 (para una determinada forma y/o dimensiones de tubo de sección de formación de espuma) haciendo que los parámetros de la sección 25 de formación de espuma se encuentren dentro del espacio paramétrico identificado en la experimentación posterior. También, los elementos 53 potenciadores de espuma pueden aumentar la relación de área de superficie humedecida a volumen de espacio vacío dentro de la sección 25 de formación de espuma.

Se ha descubierto en la experimentación inicial que variando la geometría de la sección 25 de formación de espuma, incluidos los elementos 53 potenciadores de espuma, el área de superficie humedecida  $A_{WS}$  puede hacerse a medida para proporcionar una espuma que tenga características particulares requeridas. En particular, se ha descubierto en la experimentación inicial que la relación del área de superficie humedecida  $A_{WS}$  de la sección 25 de formación de espuma al volumen del espacio vacío de la sección 25 de formación de espuma, a través de la cual pasa la solución de tensioactivo y el gas, afecta a la calidad de la espuma producida. En consecuencia, esta relación puede hacerse a medida para proporcionar una espuma que tenga características particulares requeridas. Otros parámetros que se han descubierto en la experimentación inicial que tienen un efecto potencial en la calidad de la espuma incluyen: el diámetro interno de la sección 25 de formación de espuma; la relación de área de superficie a longitud de flujo de dos fases; el diámetro interno de la entrada de líquido; el diámetro interno de la entrada de gas; la tensión superficial del tensioactivo; la viscosidad del tensioactivo; la presión (p. ej., presión del espacio superior) aplicada al gas y/o al tensioactivo (o la relación de estas presiones); y la longitud del conducto de fluidos desde el colector hasta la salida (siempre que la relación de área de superficie humedecida a volumen de espacio vacío en el conducto permanezca por encima de un umbral apropiado para el tipo de espuma que producir).

Se ha descubierto en la experimentación inicial que tener un área de superficie interna de una sección 25 de formación de espuma de al menos 1.800 milímetros cuadrados proporciona una espuma de calidad suficientemente alta para muchas aplicaciones. Una mayor área de superficie humedecida  $A_{WS}$  puede ser preferible para producir una espuma

deseada, por ejemplo mayor de 3000 milímetros cuadrados o mayor de 3700 milímetros cuadrados. No obstante, en particular las espumas de alta calidad pueden producirse usando un área de superficie mucho mayor, por ejemplo de entre 4500 y 6000 milímetros cuadrados. Se ha descubierto que una relación de área de superficie humedecida a volumen de espacio vacío de al menos 4 milímetros cuadrados por milímetro cúbico proporciona una espuma de calidad suficientemente alta para muchas aplicaciones. Una mayor relación de área de superficie humedecida a volumen de espacio vacío puede ser preferible para producir una espuma deseada, por ejemplo mayor de 16 milímetros cuadrados por milímetro cúbico. No obstante, en particular las espumas de alta calidad pueden producirse usando una relación mucho mayor, por ejemplo de entre 20 y 25 milímetros cuadrados por milímetro cúbico.

La Figura 3 es una ilustración simplificada de una sección a través de un dispositivo 120 de dispensación según otra realización. Se proporciona un recipiente que comprende un receptáculo 137 que se adapta para contener un suministro de solución 121 de tensioactivo y un suministro de gas 123. En esta realización, el gas 123 no es un propelente de gas comprimido y en cambio se proporciona a una presión similar a la del aire ambiente que rodea el dispositivo 120 de dispensación. El dispositivo 120 de dispensación incluye una entrada 133 de líquido situada cerca del fondo del receptáculo 137, y además incluye una entrada 135 de gas situada cerca de la parte superior del receptáculo 137. Esta disposición garantiza que cuando el dispositivo 120 de dispensación esté orientado en su posición vertical, como se ilustra en la Figura 3, la entrada 133 de líquido estará situada por debajo del nivel de líquido de la solución de tensioactivo, mientras que la entrada de gas estará situada por encima del nivel de líquido de la solución de tensioactivo permitiendo así que entre gas por la entrada 135 de gas. Preferiblemente, la entrada 133 de líquido está situada en el punto más bajo del receptáculo 137 para asegurar que toda la solución 121 de tensioactivo contenida en el receptáculo 137 pueda entrar por la entrada 133 de líquido.

El dispositivo 120 de dispensación incluye una válvula unidireccional 170 que está configurada para permitir que el aire ambiental entre en el receptáculo 137 y para restringir o impedir que el gas 123 y la solución 121 de tensioactivo salgan del receptáculo 137. En esta realización, la válvula unidireccional 170 está dispuesta cerca o en la parte superior del receptáculo 137 para que el aire que entre en el receptáculo 137 a través de la válvula unidireccional 170 lo haga por encima del nivel de la solución de tensioactivo, inhibiendo así la creación de burbujas de aire dentro de la solución 121 de tensioactivo.

El dispositivo 120 de dispensación comprende además una sección 125 de formación de espuma que está en comunicación de fluidos con la entrada 133 de líquido y está conectada a la entrada 135 de gas a través de un tubo 160 que permite la comunicación de fluidos entre la sección 125 de formación de espuma y la entrada 135 de gas.

En común con la sección 25 de formación de espuma descrita anteriormente en relación a la Figura 2, la sección 125 de formación de espuma comprende un número de elementos 135 potenciadores de espuma que permiten la generación de una espuma de alta calidad formada a partir de la solución 121 de tensioactivo y el gas 123, ventajosos dentro de una longitud relativamente corta de la sección de formación de espuma. En esta realización, el gas 123 es preferiblemente aire. Se apreciará que, en otras realizaciones, se puede producir una espuma similar de alta calidad que tenga las características deseadas descritas sin el uso de elementos 153 potenciadores de espuma.

La sección 125 de formación de espuma está conectada y en comunicación de fluidos con una salida 129 desde la que puede dispensarse la espuma generada en la sección de formación de espuma. Una válvula 127 controla el flujo de espuma desde la sección 125 de formación de espuma hasta la salida 129, y está configurada preferiblemente para permitir únicamente que fluya espuma desde la sección 125 de formación de espuma hasta la salida 129 cuando la espuma ejerce una presión por encima de un umbral de presión sobre la válvula 127.

Para hacer que tanto el gas 123 como la solución 121 de tensioactivo entren en la sección 125 de formación de espuma, debe aplicarse una presión al gas 123 y a la solución 121 de tensioactivo. En esta realización ilustrativa, el receptáculo 137 es flexible y preferiblemente hasta cierto punto hundible, como se indica con las caras curvadas del receptáculo 137. La presión puede aplicarse, por lo tanto, al gas 123 y al tensioactivo 121, comprimiendo el receptáculo 137 y reduciendo así el volumen del receptáculo 137. Esta acción puede realizarse manualmente o, como alternativa, se puede proporcionar un aparato para comprimir el receptáculo 137; este aparato no se ilustra en la Figura 3, pero este aparato podría comprender una bomba operada manualmente configurada para acoplarse con la salida 129 y usar succión para extraer los contenidos del receptáculo 137.

La Figura 4 ilustra, de forma simplificada, parte de una sección 425 de formación de espuma que puede, por ejemplo, proporcionarse como parte del dispositivo de dispensación ilustrado en cualquiera de las figuras, o suministrarse por separado. La sección 425 de formación de espuma se muestra solamente en parte, como se indica con las líneas de corte en la parte superior e inferior de la sección de formación de espuma. Como se muestra, la sección 425 de formación de espuma comprende un número de elementos 453 potenciadores de espuma que están contenidos dentro del conducto 460 de fluidos y en el paso de flujo del tensioactivo y el gas que son transportados a través de la sección de formación de espuma. En esta realización, los elementos 453 potenciadores de espuma comprenden una pluralidad de perlas de vidrio generalmente esféricas.

La sección 425 de formación de espuma también incluye retenes 465, 467 que son equivalentes a los retenes 65, 67 mostrados en la Figura 2.

Como se muestra, cada uno de los elementos 453 potenciadores de espuma tienen un diámetro, indicado como  $d$ , donde  $d$  está preferiblemente en el intervalo de 0,5 a 2 mm y más preferiblemente en el intervalo de 1 a 1,3 mm. Preferiblemente, el valor medio de  $d$  para la pluralidad de elementos 453 potenciadores de espuma está en el intervalo de 1 a 1,5 mm y más preferiblemente cerca de 1,23 mm, más o menos 0,10 mm. El diámetro de cada uno de los elementos 453 potenciadores de espuma es, de forma ventajosa, de menos de  $1/3$  del diámetro interior del tubo que forma la sección de formación de espuma del conducto de fluidos. De forma ventajosa, esto ayuda a evitar que queden grandes vacíos no deseados alrededor de la superficie circunferencial interna del tubo que impediría que la relación de área de superficie humedecida a volumen de espacio vacío obtenga un valor lo suficientemente alto.

Como se ilustra en la Figura 4, la sección 425 de formación de espuma tiene un diámetro interno, indicado como  $D$ . Preferiblemente  $D$ , en un diámetro de la sección 425 de formación de espuma, es de entre 0,1 mm y 10 mm, y más preferiblemente es de menos de 4 mm, por ejemplo de entre 2 mm y 4 mm.

La Figura 5 ilustra, de forma simplificada, una muestra de espuma 500 creada usando técnicas conocidas, (véanse las etapas 9 a 12 del método experimental inicial, más adelante) para determinar características típicas de espumas conocidas con fines comparativos. Como se muestra en la Figura 5, la espuma 500 comprende una pluralidad de burbujas 501 de aire contenidas dentro de una solución 502 de tensioactivo. Cada burbuja 501 de aire tiene un diámetro indicado con el signo A en la Figura 5. En la muestra de espuma 500, ilustración de la Figura 5, el diámetro medio de burbuja es de 80 micrómetros, y la desviación estándar de los diámetros de burbuja es de 60 micrómetros. La burbuja más grande en la muestra ilustrada tiene un diámetro de 278 micrómetros.

La Figura 6 ilustra, de forma simplificada, una muestra de espuma 600 creada en la experimentación inicial utilizando un dispositivo de dispensación sustancialmente correspondiente al dispositivo de dispensación ilustrado en la Figura 2. La espuma, 600, se creó según un método descrito en las etapas 1-8 del método experimental inicial, más adelante. La espuma 600 comprende una pluralidad de burbujas 601 de nitrógeno contenidas dentro de una solución 602 de tensioactivo. Cada burbuja 601 tiene un diámetro, indicado como B en la Figura 6. El diámetro medio de burbuja en la muestra de espuma 600 ilustrada es de 60 micrómetros y la desviación estándar en el diámetro de burbuja es de 25 micrómetros. La burbuja más grande en la muestra de espuma 600 ilustrada en la Figura 6 tiene un diámetro de 130 micrómetros.

La Figura 7 es un gráfico que muestra una distribución de densidad numérica para un intervalo de diámetros de burbuja para la muestra de espuma 500 ilustrada en la Figura 5 y para la muestra de espuma 600 ilustrada en la Figura 6.

En el gráfico ilustrado en la Figura 7, el eje x representa el diámetro de burbuja en las espumas 500, 600 medido en micrómetros y el eje y representa la densidad numérica de burbuja con un diámetro particular. Los puntos de datos relacionados con la espuma 500, ilustrada en la Figura 5, generados por el mecanismo de espuma del estado de la técnica se indican mediante puntos de datos en forma de diamante, mientras que los puntos de datos correspondientes a la espuma 600, ilustrada en la Figura 6, se indican mediante puntos de datos en forma de cuadrado. Se ha añadido un ajuste de curva a cada uno de los dos juegos de muestras. Como puede observarse en el gráfico, cuando se compara con la espuma 500, la espuma 600 tiene una mayor densidad numérica de burbujas en el intervalo de 40 micrómetros a 100 micrómetros, alcanzando un pico alrededor de los 53 micrómetros. Además, puede observarse que la mayoría de las burbujas en la muestra de espuma 600 está en el intervalo de 40 a 100 micrómetros. El hecho de tener un gran número de burbujas en este intervalo produce una espuma de alta calidad que tiene una textura «más rica». Además, puede observarse en el gráfico de la Figura 7 que la desviación estándar de la espuma 600 es inferior a la de la espuma 500 generada por el mecanismo de dispensación del estado de la técnica. Tener una desviación estándar menor en los tamaños de burbuja aumenta la homogeneidad y, por lo tanto, la calidad de la espuma.

De forma ventajosa, los dispositivos de dispensación, el sistema y la sección de formación de espuma descritos posibilitan la creación de espumas ricas y cremosas (elevados volúmenes de la fase gaseosa de >95 %, burbujas de aire con un diámetro medio preferible de 60 micrómetros y una estrecha distribución de tamaño, desviación estándar preferible: < 25 micrómetros), sin el uso de compuestos orgánicos volátiles (COV).

El sistema, los dispositivos y las secciones descritos proporcionan espumas de mejor calidad que las producidas utilizando otros mecanismos posibles y gases disueltos en soluciones de tensioactivo. Esto se debe a que el volumen máximo de la fase gaseosa de las espumas formadas utilizando gases disueltos en soluciones de tensioactivo es, típicamente, solo 4 veces el volumen del líquido, ya que este es el límite superior para la cantidad de gas que puede disolverse en la solución de tensioactivo.

El sistema, los dispositivos y las secciones de formación de espuma descritos también son ventajosos con respecto a los dispositivos de formación de espuma alternativos que, por ejemplo, podrían implicar la creación de burbujas utilizando pequeñas aberturas.

La presente invención no requiere mecanizado de pequeñas aberturas, que pueden ser caras de fabricar y a menudo requieren técnicas especiales como la perforación por láser. En su lugar, en la presente invención un gas y un tensioactivo líquido son forzados a través de una sección de formación de espuma que tiene una geometría con un área de superficie interna muy grande. El líquido recubre las superficies internas de la sección de formación de espuma y crea así un área

de superficie líquida-gaseosa de tamaño similar. La alta relación de área de superficie interna a volumen de la presente invención garantiza que haya un área de superficie muy grande sobre la que pueden interactuar las fases gaseosa y líquida y una multitud de oportunidades para que los flujos se separen y se recombinen hasta que se forme una microespuma suave. A diferencia de los dispositivos de formación de espuma de orificio pequeño donde las burbujas se forman a través de inestabilidades Rayleigh-Taylor en un orificio distinto y teniendo generalmente un diámetro similar al del diámetro del orificio, en la presente invención las burbujas producidas son, de forma típica, un orden de magnitud más pequeño que el orificio más pequeño en la sección de formación de espuma.

En realizaciones preferidas, los orificios más pequeños del dispensador están en los elementos de retención (p. ej., los elementos 465, 467 de retención mostrados en la Figura 4). Estos orificios solo necesitan ser lo suficientemente pequeños para impedir que los elementos potenciadores de espuma pasen a través de ellos. A diferencia de los dispositivos conocidos de formación de espuma de pequeño orificio descritos en la introducción, los elementos potenciadores de espuma de la presente invención pueden ser del orden de milímetros y, por consiguiente, los orificios en los elementos de retención pueden ser del orden de milímetros, permitiendo al mismo tiempo que se produzcan microespumas.

Dado que la presente invención no se basa en la formación de burbujas a través de inestabilidades Rayleigh Taylor en un orificio distinto, no es necesario que los orificios en los elementos de retención estén colocados a varios diámetros entre sí, por lo tanto los elementos de retención pueden fabricarse de materiales de bajo coste como mallas o material sinterizado o poroso.

Asimismo, el dispositivo de dispensación de espuma descrito tiene una multitud de orificios grandes (en comparación con el tamaño de burbuja) y una multitud de pasos de flujo a través de la sección de formación de espuma y, por lo tanto, el dispositivo de dispensación no es propenso a obstruirse.

Además, en el dispositivo de dispensación de espuma descrito, el tamaño de la entrada de aire no está relacionado con el tamaño de burbuja deseado, por lo que el diámetro de la entrada de aire puede ser grande en comparación con el diámetro de las burbujas producidas. Por lo tanto, es posible arrastrar grandes cantidades de gas en el flujo de tensioactivo líquido incluso cuando se usan caudales de líquido moderados y una sola entrada de aire. Esto es ventajoso para crear espumas con altos volúmenes de fase gaseosa (en algunos casos 98 % de gas).

El sistema descrito con dispositivo de dispensación de espuma permite que se produzcan microespumas de buena calidad, incluso cuando se someten a cambios en la presión de avance. Por ejemplo, se puede conseguir con la presente invención una calidad de espuma uniforme en términos de tamaño de burbuja de gas, uniformidad del tamaño de burbuja y volumen de la fase gaseosa en un amplio intervalo de presiones, p. ej. de 0,1 bar hasta 10 bares, o de 0,5 bares hasta 10 bares.

Como se ilustra en la Figura 2, en realizaciones preferidas, el dispensador de espuma incluye una entrada de gas que permanece por encima del nivel de líquido de la solución de tensioactivo, mientras que la bifurcación en cuyo punto el gas entra en el conducto de fluidos (colector 31 en la Figura 2) permanece generalmente por debajo del nivel de líquido. Esto es ventajoso porque una parte del conducto de fluidos permanecerá por debajo del nivel de líquido, lo que motiva que la solución de tensioactivo líquida se aspire hacia arriba al conducto de fluidos a través de la absorción capilar. A su vez, esto ayuda a mantener algo de solución de tensioactivo líquida dentro del conducto de fluidos y de la sección de formación de espuma incluso cuando el dispensador de espuma no haya sido descargado durante algún tiempo. Por lo tanto, se evita el secado del conducto de fluidos y de la sección de formación de espuma, lo que de cualquier otra forma podría causar obstrucciones. Además, la ubicación de la bifurcación por debajo del nivel de líquido permite proporcionar una longitud de flujo de dos fases más larga dentro del conducto de fluidos.

El sistema, los dispositivos de dispensación y la sección de formación de espuma descritos pueden usarse para generar, por ejemplo, espumas de afeitar, espumas de limpieza, espumas para el cabello, espumas de lácteos y otras espumas de alimentos, espumas industriales, espumas para equipos agrícolas, espumas para uso médico y espumas farmacéuticas. El dispositivo 20 de dispensación ilustrado en la Figura 2 utiliza un gas comprimido como propelente y, por tanto, el dispositivo 20 de dispensación puede producir un flujo de espuma sustancialmente continuo cuando se abre la válvula. Esto hace que el dispositivo 20 de dispensación sea especialmente adecuado para producir espumas de afeitar, espumas para el cabello y espumas de lácteos, en cuyo uso es a menudo deseable una cantidad relativamente grande de espuma. Por otra parte, el dispositivo 120 de dispensación, ilustrado en la Figura 3, no utiliza un gas comprimido como propelente y, por tanto, requiere que el receptáculo 137 se comprima para impulsar la solución de tensioactivo y el gas dentro de la sección de formación de espuma del dispositivo 120 de dispensación. El dispositivo 120 de dispensación ilustrado en la Figura 3 es especialmente adecuado para producir espumas de limpieza, por ejemplo espumas de jabón de manos, donde generalmente se requiere para cada uso una cantidad de espuma relativamente menor.

Si esta tecnología se utiliza junto con tecnología de congelación (por ejemplo un ciclo de refrigeración, un receptor a temperatura fría o un material de cambio de fase a baja temperatura), entonces podría hacerse un aparato de dispensación de helado.

Parámetros clave: Valores preferibles indicados por la experimentación inicial

| #  | Parámetro                                                            | Valor                                                                   | Comentarios                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Área de superficie humedecida $A_{WS}$                               | $> 1800 \text{ mm}^2$                                                   | Esta es el área de superficie total dentro de la sección de formación de espuma, desde la bifurcación del conducto de fluidos hasta el extremo del conducto de fluidos (p. ej., el extremo donde el conducto de fluidos se conecta a la válvula). Esto incluye el área de superficie de la superficie interna de la sección de formación de espuma más el área de superficie de cualquier elemento potenciador de espuma contenido dentro de la sección de formación de espuma.                                                                                                                                                                                        |
| 2  | Relación de área de superficie humedecida a volumen de espacio vacío | $> 4 \text{ mm}^2/\text{mm}^3$                                          | Esta es el área de superficie dentro de la sección de formación de espuma dividida por el volumen de espacio libre dentro de la sección de formación de espuma.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 3  | Diámetro de la sección de formación de espuma                        | $0,1 \text{ mm} < a < 10 \text{ mm}$<br>(preferiblemente menos de 4 mm) |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 4  | Longitud de flujo de dos fases                                       | $> 40 \text{ mm}$ de<br>(preferiblemente mayor de 60 mm)                | Esta es la menor de: <ul style="list-style-type: none"> <li>a) la distancia a la que se desplaza la mezcla de gas/tensioactivo desde el punto donde el gas y la solución de tensioactivo se ponen primero en contacto entre sí hasta el punto donde el área de superficie humedecida al volumen de espacio vacío existente se reduce (y permanece) por debajo de <math>4 \text{ mm}^2/\text{mm}^3</math></li> <li>b) la distancia a la que se desplaza la mezcla de gas/tensioactivo desde el punto en donde el gas y la solución de tensioactivo se ponen primero en contacto entre sí hasta el punto de dispensación (p. ej., la boquilla del accionador)</li> </ul> |
| 5  | Tamaño de constricción mínimo en la válvula                          | $0,1 \text{ mm}^2$                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 6  | Diámetro de la entrada de gas                                        | $0,1 \text{ mm}^2$ a $4 \text{ mm}^2$                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 7  | Diámetro de la entrada de líquido                                    | $0,1 \text{ mm}^2$ a $4 \text{ mm}^2$                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 8  | Tensión superficial del tensioactivo                                 | $< 50 \text{ dinas/cm}$                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 9  | Viscosidad del tensioactivo                                          | $< 200 \text{ centipoise}$                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 10 | Presión del espacio superior                                         | 2 bares a 25 bares                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 11 | Diámetro medio de las burbujas en la espuma                          | $< 60 \text{ micrómetros}$                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 12 | Desviación estándar de las burbujas en la espuma                     | $< 25 \text{ micrómetros}$                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 13 | Tamaño máximo de las burbujas                                        | $< 130 \text{ micrómetros}$                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

Tabla 1.

5

Método usado para obtener los datos del tamaño de burbuja en la experimentación inicial

1. Se preparó una formulación de muestra que consistió en 1 parte de Original Fairy liquid ® y 4 partes de agua.
2. Se colocaron 100 mL de esta muestra en una botella de 210 mL que se selló con una válvula de aerosol con un tamaño de constricción mínimo 3 de 1 mm de diámetro.
3. Se utilizó un tubo de 60 mm con un diámetro interno de 3,175 mm como sección de formación de espuma. El tubo se llenó con esferas de vidrio de ballotini en el intervalo de tamaño 1-1,3 mm con un tamaño medio de partícula de 1,23 mm. El área de superficie humedecida/interna total del sistema era de 5294 mm<sup>2</sup> y la relación de área de superficie humedecida a volumen de espacio vacío para este mezclador fue de 22,5 mm<sup>2</sup>/mm<sup>3</sup>. El mezclador tenía entradas circulares de 2,5 mm de diámetro para líquido y aire.
4. El mezclador se incorporó en el tubo de inmersión de una válvula de aerosol con constricciones 3 x 1 mm.
5. El terminal de la válvula de aerosol selló la botella y se utilizó nitrógeno para presurizar el espacio superior a 5 bares.
6. Se dispensó una muestra de la espuma sobre un portaobjetos de vidrio y se tomó una imagen 3 segundos después de dispensarla.
7. La imagen se muestra en la Figura 6 más abajo
8. La distribución del tamaño de burbuja se determinó a partir de la imagen. La distribución de densidad numérica se muestra en la Figura 7 y se ha descubierto que tiene un diámetro medio de burbuja de 60 micrómetros y una desviación estándar de 25 micrómetros (representando una desviación estándar de 42 % del diámetro medio de burbuja). La burbuja más grande en esta imagen tenía un diámetro de 130 micrómetros. Los diámetros de las burbujas se determinaron como la longitud máxima de una línea que puede dibujarse dentro de las curvas cerradas de la imagen.
9. Se pusieron 100 mL de la muestra en una botella equipada con un mecanismo del estado de la técnica.
10. Se dispensó una muestra de la espuma sobre un portaobjetos de vidrio y se tomó una imagen 3 segundos después de dispensarla.
11. La imagen se muestra en la Figura 5 más abajo
12. La distribución del tamaño de burbuja se determinó a partir de la imagen. Se ha descubierto que la distribución de densidad numérica tenía un diámetro medio de burbuja de 80 micrómetros y una desviación estándar de 60 micrómetros (representando una desviación estándar de 75 % del diámetro medio de burbuja). La burbuja más grande en esta imagen tenía un diámetro de 278 micrómetros. Los diámetros de las burbujas se determinaron como la longitud máxima de una línea que puede dibujarse dentro de las curvas cerradas de la imagen.

#### Trabajo experimental posterior

La Figura 9 ilustra, de forma simplificada, un aparato 90 utilizado en un trabajo experimental posterior. El aparato 90 comprende un compresor 910 de aire, un regulador 904 de presión, un caudalímetro 921 de gas, una válvula 905 de retención, un recipiente 912 de líquido para contener tensioactivo líquido 911, un recipiente 913 de gas, válvulas 917a y 917b de cierre, válvulas 918a y 918b de aguja, un dispositivo espumador 915 (equivalente a la sección de formación de espuma descrita anteriormente) y una salida 919. Se apreciará que el aparato 90 mostrado en la Figura 9 se utiliza para experimentación y que un sistema comercial práctico puede que no incluya todos los elementos del aparato 90.

El compresor 910 de aire se utiliza para suministrar aire presurizado al recipiente 912 de líquido y al recipiente 913 de gas. Este suministro de aire presurizado mantiene un volumen de aire presurizado 914 en el recipiente 913 de gas, y suministra aire en el recipiente 912 de líquido para mantener el tensioactivo líquido bajo presión. El regulador 904 de presión controla la presión del aire suministrado por el compresor 910 de aire.

La válvula 917a de cierre y la válvula 918a de aguja están situadas en un conducto de salida del recipiente 912 de líquido, mientras que la válvula 917b de cierre y la válvula 918b de aguja están situadas en un conducto de salida del recipiente 913 de gas. Las válvulas 918a, 918b de aguja se utilizan para hacer un ajuste de precisión en los caudales de tensioactivo líquido 911 y de aire 914 que salen de los recipientes de líquido y gas y que fluyen hacia dentro del dispositivo 915 de formación de espuma.

Los dos conductos de salida alimentan un conector en T 923 (de una manera similar al tubo bifurcado descrito anteriormente) que combina y alimenta tensioactivo líquido 911 y aire 914 hacia dentro del dispositivo 915 de formación de espuma. El tensioactivo líquido 911 y el aire 914 pasan a través del dispositivo 915 de formación de espuma y salen por la salida 919 del dispositivo 915 de formación de espuma.

La válvula 905 de retención se coloca corriente arriba del recipiente 912 de líquido para impedir que tensioactivo líquido 911 o espuma fluya a través del caudalímetro 921 de gas hacia dentro del recipiente 913 de gas durante la presurización del sistema.

Bajo ciertas condiciones el líquido y el gas salen del dispositivo 915 de formación de espuma como una microespuma. Como se ha explicado anteriormente, esta es una espuma en la que el diámetro medio de burbuja está por debajo de 100 micrómetros. Bajo otras condiciones de funcionamiento, el líquido y el gas salen por la salida como una espuma con burbujas grandes (1-3 mm) o con salpicados intermitentes de aire y espuma. Estos dos últimos estados no son deseables para las microespumas.

Aunque en la Figura 9 se ilustra un único dispositivo de formación de espuma, en la experimentación posterior se probó un número de dispositivos 915 de formación de espuma diferentes. Estos dispositivos 915 de formación de espuma comprenden secciones de tubo con longitudes en un intervalo de 20 mm hasta 100 mm y diámetros de 2,5 mm, 3,175 mm, 6 mm y 12 mm.

Las secciones de tubo de los dispositivos 915 de formación de espuma se llenaron con una pluralidad de elementos de equipamiento que se seleccionaron para variar el área de superficie humedecida  $A_{WS}$  y la porosidad del dispositivo 915 de formación de espuma. El área de superficie humedecida  $A_{WS}$  se varió entre 269 milímetros cuadrados y 4163 milímetros cuadrados. Las porosidades se variaron entre 0,38 y 0,78.

La Figura 10 ilustra algunos materiales de equipamiento ilustrativos, incluidas sus dimensiones claves como altura 1001, radio 1002 y longitud lateral 1003. Los expertos en la técnica pueden utilizar estas dimensiones para determinar el área de superficie humedecida  $A_{WS}$  de un dispositivo 915 de formación de espuma, utilizando métodos conocidos para calcular áreas de superficie.

Para el tensioactivo líquido 911, se diluyó Fairy Liquid a diferentes resistencias en un intervalo de 1 parte de fairy liquid : 1 parte de agua a 1 parte de fairy liquid : 10 partes de agua.

#### Método experimental

1. Cada dispositivo 915 de formación de espuma se caracterizó en términos de: longitud, diámetro, porosidad y área de superficie humedecida  $A_{WS}$ .

2. El recipiente 912 de líquido se llenó con un volumen predefinido de tensioactivo líquido que comprendía Fairy Liquid de dilución predeterminada con agua, como se ha descrito anteriormente.

3. El regulador 904 de presión se ajustó a una presión predefinida.

4. El compresor 910 de aire se encendió y las dos válvulas 917a, 917b de cierre se abrieron, posibilitando que el aire 914 y el tensioactivo líquido 911 fluyeran a través del aparato.

5. Las válvulas 918a, 918b de aguja se ajustaron y se aplicaron diferentes presiones de aire variando los ajustes del regulador 904 de presión para identificar caudales en los que se formaba o no se formaba una microespuma. En cada caso, la lectura del caudal de aire se tomó del caudalímetro de gas. El caudal de líquido se determinó llenando el recipiente 912 de líquido con un volumen predeterminado de tensioactivo líquido 911 y midiendo el tiempo requerido para vaciar el recipiente con una presión del regulador en particular y ajustes en las válvulas 918 de aguja.

6. La etapa 5 se repitió con cada dispositivo 915 de formación de espuma utilizando tensioactivo líquido 911 que comprendía diferentes diluciones de Fairy Liquid (que varía tanto en viscosidad como en tensión superficial).

7. Además, para cada dispositivo 915 de formación de espuma donde se formó con éxito una microespuma en la etapa 5, el regulador 904 de presión se utilizó para ajustar la presión del aire y las válvulas 918a, 918b de aguja se ajustaron para variar el nivel de restricción de flujo para determinar qué caudales de tensioactivo líquido 911 y aire 914 dieron como resultado buenas microespumas y cuáles dieron como resultado una microespuma de baja calidad. Como se ha descrito anteriormente, una microespuma de buena calidad producida por un dispositivo de formación de espuma es generalmente suave y continua sin la presencia de bolsas de aire, teniendo por ejemplo un diámetro medio de burbuja por debajo de 100 micrómetros, un volumen de la fase gaseosa mayor del 90 % y una desviación estándar de menos de 25 micrómetros. Ejemplos de espumas de baja calidad producidas por dispositivos de formación de espuma incluyen salpicados intermitentes de aire y espuma, líquido que tiene burbujas grandes, espumas que consisten en burbujas grandes y espumas con bajas relaciones de gas a líquido.

8. A continuación, la etapa 7 se repitió con cada dispositivo 915 de formación de espuma utilizando tensioactivo líquido 911 que comprendía diferentes diluciones de Fairy Liquid.

Resultados

La Figura 11 es un gráfico que ilustra el éxito de producir una microespuma usando un dispositivo 915 de formación de espuma especial con los parámetros clave del dispositivo 915 de formación de espuma. La porosidad, o  $P$ , se representa en el eje  $x$ , mientras que el parámetro  $Y$  se representa en el eje  $y$  (donde  $Y$  es igual al área de superficie humedecida  $A_{WS}$  multiplicada por la longitud de flujo de dos fases  $L_{TP}$  y dividida por el volumen total  $V$ , que en este caso se ha simplificado en área de superficie humedecida/área de sección transversal, o la relación de la relación ' $R_{WS-CS}$ ' del área de superficie humedecida  $A_{WS}$  al área de sección transversal  $A_{CS}$ ). Se ha descubierto que para algunos de los dispositivos 915 de formación de espuma no era posible crear una microespuma bajo cualquier conjunto de condiciones operativas. Los dispositivos 915 de formación de espuma insatisfactorios para los que se descubrió que no podrían producir microespuma se indican en el gráfico utilizando marcadores circulares, mientras que los dispositivos 915 de formación de espuma satisfactorios para los que se descubrió que podrían producir microespuma se indican en el gráfico utilizando marcadores cuadrados.

Como se muestra, se ha descubierto que los dispositivos 915 de formación de espuma satisfactorios e insatisfactorios forman dos grupos distintos que no se superponen.

En el gráfico de la Figura 11 se incluye una línea que representa el límite entre estos dos grupos. La ecuación de la línea es  $y = 1994(x) - 821,58$  (donde  $y$  es área de superficie humedecida/área de sección transversal y  $x$  es la porosidad del dispositivo 915 de formación de espuma).

Por lo tanto, los dispositivos de formación de espuma que tienen dimensiones internas que se ajustan a  $y > 1994,5x + 821,58$  y donde  $y$  es positivo pueden utilizarse satisfactoriamente para producir una microespuma (una espuma en la que el diámetro medio de burbuja está por debajo de 100 micrómetros). Como apreciarán los expertos en la técnica basándose en el gráfico de la Figura 12, las constantes 1994,5 y 821,58 pueden variar hasta el 10 %.

La Figura 12 es un gráfico que ilustra el éxito de producir una buena microespuma frente a las velocidades superficiales del tensioactivo líquido 911 y el aire 914. La velocidad superficial del líquido ' $V_L$ ' se representa en el eje  $X$  mientras que la velocidad superficial del gas ' $V_G$ ' se representa en el eje  $Y$ .

Como se muestra, se ha descubierto que las microespumas buenas y las microespumas deficientes forman dos grupos distintos que no se superponen. La línea  $y=18,397x + 507,420$  representa el límite entre estos dos grupos.

Por tanto, cuando  $y < 18,397x + 507,420$ , se formó una buena microespuma. Como apreciarán los expertos en la técnica basándose en el gráfico de la Figura 12, las constantes 18,397 y 507,420 puede variar hasta el 10 %.

De forma adicional, se ha descubierto que si todos los parámetros del aparato fueran de modo tal que los puntos de datos se colocaran en las regiones de "buena espuma" de la Figura 12, entonces el aparato formaría una micro espuma suave, siempre que la tensión de superficie del líquido tensioactivo 911 estuviera por debajo de 50 dinas/cm (pero preferiblemente en el intervalo de 20-30 dinas/cm).

Además, se ha descubierto que si todos los parámetros del aparato fueran tales que los puntos de datos resultantes se colocaran en las regiones de "buena espuma" de la Figura 12, entonces el aparato formaría una microespuma suave siempre que la viscosidad del tensioactivo líquido 911 estuviera por debajo de 200 cP o más preferiblemente por debajo de 50 cP.

Proporcionar dispositivos de formación de espuma en donde la sección de formación de espuma tiene dimensiones internas donde  $R_{WS-CS}$  no es menor que 1994 multiplicado por  $P$  y menos 821 permite, de forma ventajosa, que los expertos en la técnica produzcan una sección de formación de espuma que producirá con éxito una microespuma, seleccionando configuraciones apropiadas del dispositivo de formación de espuma que cumplan esta condición.

Por ejemplo, si un parámetro particular de la sección de formación de espuma es fijo, digamos que si las perlas 100a ilustradas en la Figura 10 se utilizaran como elementos potenciadores de espuma, entonces seleccionar una sección de formación de espuma con un diámetro interno de 3,175 mm y con una longitud de 80 mm garantizará que  $R_{WS-CS}$  no sea menos de 1994 multiplicado por  $P$  y menos 821 y, por tanto, la sección de formación de espuma permitirá la producción satisfactoria de una microespuma. En cambio, seleccionar una sección de formación de espuma con un diámetro interno de 3,175 mm y con una longitud de 60 mm no cumplirá los criterios de que  $R_{WS-CS}$  no sea menos de 1994 multiplicado por  $P$  y menos 821 y, por tanto, la sección de formación de espuma no permitirá la producción de una microespuma.

De forma similar, proporcionar un dispensador de espuma en el que  $V_G$  no sea más de 18,4 multiplicado por  $V_L$  y sumado a 507,4 permite, de forma ventajosa, que los expertos en la técnica produzcan un dispensador de espuma que producirá una microespuma de buena calidad, seleccionando valores apropiados de presión o restricciones de gas y/o líquido en la tubería de gas/líquido, o densidad o viscosidad de tensioactivo líquido, para garantizar que se cumpla la condición anterior.

Modificaciones y alternativas

El gas utilizado en cualquiera de las realizaciones descritas anteriormente puede comprender cualquier gas adecuado que no se licue bajo la presión operativa del gas, que es preferiblemente entre 0,1 bar y 25 bares y más preferiblemente entre 2 bares y 8 bares y todavía más preferiblemente entre 4 bares y 6 bares.

- 5 Preferiblemente, la concentración de gas 13 en la solución 11 de tensioactivo es de 350 miligramos por kilogramo de solución de tensioactivo más o menos 50 miligramos por kilogramo, o la concentración puede ser menos de 350 miligramos por kilogramo, o menos de 100 miligramos por kilogramo de la solución 11 de tensioactivo.

- 10 Las características deseadas predefinidas pueden incluir, además o como alternativa, tener un volumen objetivo de la fase gaseosa, alcanzar un tamaño medio objetivo de burbuja, alcanzar una desviación estándar objetivo, alcanzar una concentración objetivo de burbuja por volumen unitario, y/o tener una distribución objetivo del tamaño de burbuja.

- 15 La sección de formación de espuma que tiene elementos potenciadores de espuma como se ha descrito anteriormente puede, además o como alternativa, estar configurada para producir una espuma con las características descritas deseadas proporcionando un medio para aumentar el área de superficie humedecida  $A_{WS}$  de la sección 25 de formación de espuma, la relación de área de superficie humedecida a volumen de espacio vacío de la sección 25 de formación de espuma y la relación de área de superficie humedecida a longitud de flujo de dos fases (véanse los comentarios sobre parámetros indicados en la experimentación inicial en la Tabla 1). Preferiblemente, la sección 25 de formación de espuma se ajusta a, al menos, uno de los parámetros clave 1 a 4 indicados en la Tabla 1, y más preferiblemente se ajusta a todos los parámetros 1 a 4. Se apreciará que, en otras realizaciones, se puede producir una espuma similar de alta calidad sin el uso de elementos 53 potenciadores de espuma. También se apreciará que para cualquiera de los parámetros indicados en la Tabla 1 se puede elegir un valor (preferiblemente dentro del intervalo preferido dado) para producir una espuma que tenga una calidad deseada.

- 25 Si se utilizan elementos potenciadores de espuma sustancialmente esféricos, tales como perlas, si los elementos potenciadores de espuma son todos del mismo tamaño, entonces el factor de compresión teórico máximo es  $\sim 0,66$  y, por lo tanto, la porosidad es  $\sim 0,33$ . Si se utilizan perlas más pequeñas que tengan todas el mismo diámetro, entonces el conjunto de perlas más pequeñas tendrá un área de superficie más grande, pero el factor de compresión permanecerá igual. Sin embargo, es posible disminuir la porosidad de la sección de formación de espuma aumentando la polidispersidad de los elementos potenciadores de espuma, por ejemplo, utilizando una mezcla de perlas de diferente tamaño.

- 35 Se apreciará que, aunque en la ilustración simplificada de la Figura 1 la válvula 17 está situada corriente abajo de la sección de formación de espuma, es posible que el valor se proporcione en cualquier ubicación adecuada, por ejemplo corriente arriba de la sección de formación de espuma entre la sección de formación de espuma y un conector/colector en T o Y, y además o como alternativa, se pueden proporcionar dos o más valores respectivamente en las tuberías de gas y líquido, por ejemplo como se ilustra en la Figura 10.

- 40 Como se ha descrito anteriormente, puede proporcionarse un solo receptáculo para contener tanto gas como tensioactivo líquido. En este caso, el gas y el tensioactivo líquido se proporcionan preferiblemente en una relación que garantiza que el sistema se encuentre dentro del espacio paramétrico definido con referencia a la Figura 12 donde se pueden producir espumas de buena calidad. El gas y el tensioactivo líquido pueden convertirse en una espuma gruesa (con burbujas de varios mm de tamaño o incluso mayor) al agitarse el receptáculo o pasar el gas y el tensioactivo líquido a través de una malla u orificio(s) (que puede ser grande en comparación con las dimensiones de las burbujas de la microespuma). Si el receptáculo se presuriza y alimenta a una sección de formación de espuma (con parámetros que se encuentran en el espacio paramétrico definido con referencia a la Figura 11), entonces se puede producir una microespuma de buena calidad.

- 50 Aunque los elementos 53, 153, 453 potenciadores de espuma se han descrito, generalmente, como perlas esféricas de vidrio, los elementos potenciadores de espuma pueden ser, generalmente, perlas esféricas de cualquier otro material adecuado tal como un material plástico, y pueden ser perlas con forma diferente, por ejemplo generalmente paralelepípeda, generalmente cilíndrica o generalmente cónica. Los elementos potenciadores de espuma pueden comprender, alternativamente, cualquier otra característica, por ejemplo cerdas o salientes que se extiendan desde la superficie interna del conducto de fluidos hacia dentro del paso de flujo de la solución de tensioactivo y el gas. Se apreciará que, en una realización alternativa, los elementos potenciadores de espuma pueden formarse como parte del propio conducto de fluidos, por ejemplo salientes que se extiendan desde la superficie interna del conducto de fluidos hacia dentro del paso de flujo de la solución de tensioactivo y el gas. Además, los elementos potenciadores de espuma pueden comprender alternativamente un único elemento potenciador de espuma, por ejemplo un material poroso.

- 60 Además, se puede utilizar cualquier combinación de diferentes tipos de elementos potenciadores de espuma.

La sección 25, 125, 425 de formación de espuma puede no comprender cualquier elemento 52, 153, 453 potenciador de espuma. La sección de formación de espuma puede adaptarse para potenciar la generación de espuma dentro de la sección de formación de espuma.

65

La sección de formación de espuma puede seguir una trayectoria serpentina, helicoidal u otra no lineal con el fin de aumentar la longitud de la sección de formación de espuma y aumentar el mezclado y posiblemente inducir turbulencia en el flujo de la solución de tensioactivo y el gas a través del conducto de fluidos, sin incrementar en gran medida el espacio que ocupa el conducto de fluidos. Esto es especialmente ventajoso en realizaciones donde la sección de formación de espuma se proporciona como un tubo fino largo sin contener ningún elemento potenciador de espuma.

La sección de formación de espuma puede proporcionarse como una sección distinta, y puede conectarse a la - válvula y el colector, o a partes del conducto de fluidos situadas a cada lado de la sección de formación de espuma. La sección de formación de espuma puede tener un diámetro más estrecho o más ancho que el resto del conducto de fluidos.

Aunque los retenes 65, 67, 465, 467 se describen como formados a partir de un material de tipo malla, el experto apreciará que los retenes pueden adoptar cualquier forma adecuada siempre que permitan que la solución de tensioactivo y el gas (junto con una espuma que comprenda la solución de tensioactivo y el gas) pasen a través de ellos y también inhiban el movimiento de los elementos potenciadores de espuma. Por ejemplo, cada retén puede comprender al menos una abertura dimensionada de manera que los elementos potenciadores de espuma no puedan pasar a través de la abertura. Concretamente, el elemento de retención puede comprender un agujero que sea mayor que los propios elementos potenciadores de espuma pero lo suficientemente pequeño para bloquear el movimiento de los elementos potenciadores de espuma. Se ha descubierto que si los elementos potenciadores de espuma son perlas de 1 mm de diámetro, el retén puede comprender un único agujero de 1,5 mm de diámetro, donde el agujero es obstruido por varias perlas de 1 mm que quedan aprisionadas en su entrada.

En una realización alternativa, no se proporciona ningún retén, y en cambio los elementos potenciadores de espuma se mantienen en posición en la sección de formación de espuma en virtud de la fricción que existe entre los elementos potenciadores de espuma y la superficie interna de la sección de formación de espuma, y la fricción entre los propios elementos potenciadores de espuma. En esta realización alternativa, los elementos potenciadores de espuma están dispuestos dentro de la sección de formación de espuma de manera que la sección de formación de espuma experimenta cierta deformación alrededor de los elementos potenciadores de espuma, ayudando a mantener los elementos potenciadores de espuma en su lugar. Además, la sección de formación de espuma puede ser elástica y, como resultado, ejerce una fuerza de compresión sobre los elementos potenciadores de espuma aumentando la fricción entre la sección de formación de espuma y los elementos potenciadores de espuma, así como entre los propios elementos potenciadores de espuma.

En las Figuras 2, 3 y 4 se muestra que los elementos 53, 153, 453 potenciadores de espuma están dispuestos a lo largo de parte de la longitud de la sección de formación de espuma. Sin embargo, los expertos en la técnica apreciarán que puede ser ventajoso proporcionar elementos potenciadores de espuma a lo largo de sustancialmente toda la longitud de la sección de formación de espuma.

Se ha descrito anteriormente que la sección 25, 125, 425 de formación de espuma se extiende desde la bifurcación del conducto de fluidos hasta el final del conducto de fluidos distal de la bifurcación, p. ej. el punto de conexión entre el conducto de fluidos y la válvula. Alternativamente, la sección de formación de espuma puede extenderse sustancialmente por toda la longitud de flujo de dos fases del dispositivo de dispensación, siendo la longitud de flujo de dos fases la distancia que la mezcla gas/tensioactivo se desplaza desde el punto de bifurcación hasta el punto de dispensación (p. ej., la boquilla del accionador), siempre que la relación de área de superficie humedecida a volumen de espacio vacío permanezca por encima de  $4 \text{ mm}^2/\text{mm}^3$ .

Las válvulas mencionadas en la descripción anterior pueden comprender cualquier tipo de válvula adecuada no limitado a los tipos de válvulas ilustrados en las figuras.

Aunque en las realizaciones anteriores el gas usado como propelente se ha descrito como gas comprimido, se puede usar un gas licuado en lugar o además de un gas comprimido como propelente.

El propelente de gas comprimido puede comprender cualquier gas adecuado, por ejemplo aire, nitrógeno, óxido nitroso, oxígeno o gas noble. Además, se puede usar gas disuelto (p. ej., dióxido de carbono u óxido nitroso) en lugar o además de gas comprimido, potenciando más, de forma ventajosa, la calidad de la espuma producida por el dispositivo de dispensación.

Aunque la Figura 3 ilustra que la entrada de gas y el gas 123 se proporcionan en el recipiente 137, en una realización alternativa la entrada de gas puede proporcionarse externamente desde el recipiente 137 como se ilustra en la Figura 8. La Figura 8 es una ilustración simplificada de una sección a través de un dispositivo 220 de dispensación según esta realización alternativa. En esta realización, el recipiente 137 no contiene ningún suministro sustancial de gas. En su lugar, el gas utilizado para crear una espuma se toma del aire ambiente que rodea el dispositivo 220 de dispensación, utilizando la entrada 135 externa de gas. La entrada 135 de gas puede incluir una válvula unidireccional para evitar que el aire o la solución de tensioactivo escape de la entrada de gas. Esta realización del dispositivo de dispensación podría utilizarse junto con un mecanismo de bombeo operado manualmente para proporcionar un espumante de cabeza disparadora operada manualmente.

Los dispositivos de dispensación, el sistema y la sección de formación de espuma descritos pueden usarse como parte de un módulo en un dispositivo más grande para crear espuma, por ejemplo, un dispensador de jabón en espuma montado en la pared o un espumador de leche.

- 5 El sistema, los dispositivos de dispensación y la sección de formación de espuma descritos también pueden utilizarse en un aparato impulsado por aire o vapor o incorporado en un envase monodosis desechable para generar espumas. Esto posibilitaría la generación de espumas (p. ej., espumas de lácteos) sin necesidad de infusores de gas desechables. Por ejemplo, la sección de formación de espuma podría formar parte de un envase monodosis que contenga leche o saborizantes. El envase monodosis podría insertarse en un aparato para crear un batido
- 10 espumoso o leche espumosa para poner sobre un café.

- Los dispositivos, el sistema de dispensación y la sección de formación de espuma se pueden usar para generar emulsiones, comprendiendo una suspensión de glóbulos de un primer líquido dentro de un segundo líquido, en el que el primer líquido no es miscible. Las entradas de gas y líquido podrían usarse como entradas para el primer y segundo líquido
- 15 respectivamente. Si es necesario, el receptáculo 37, 137 podría modificarse para contener el primero y segundo líquido en secciones separadas. El pasar el primer y segundo líquido a través de una sección 25, 125, 425 de formación de espuma potencia, de forma ventajosa, el mezclado del primer y segundo líquido, produciendo una emulsión bien mezclada y homogénea, formando el primer líquido pequeños glóbulos. De esta manera, sería posible generar emulsiones a petición, tales como emulsiones para aplicaciones médicas. Esto posibilitaría la generación de emulsiones en el punto de uso y, por
- 20 consiguiente, la relajación de los requisitos de estabilidad en muchos productos de emulsión.

- Específicamente, las emulsiones podrían crearse a petición dentro de un aparato o envase monodosis reutilizable de aerosol para crear, por ejemplo, aderezos para ensaladas, cremas para la piel, microemulsiones antimicrobianas, emulsiones farmacéuticas, champús, acondicionadores y pinturas.
- 25

- Los dispositivos y el sistema de dispensación actuales pueden utilizarse para producir un aerosol que comprenda una suspensión de gotículas líquidas en un gas. La solución de tensioactivo podría sustituirse con un líquido para expulsar como un aerosol, y podría utilizarse un propelente de gas licuado en lugar o además de un gas comprimido. El pasar el líquido y el gas a través de la sección de formación de espuma potenciaría de manera ventajosa el
- 30 mezclado del gas líquido para producir un aerosol fino de gotículas de líquido muy pequeñas.

## REIVINDICACIONES

1. Un dispensador para producir una microespuma sin requerir el uso de gas licuado, desde una salida, comprendiendo dicho dispensador:
  - 5 un receptáculo (11) para contener una solución de tensioactivo;
  - un medio (13) para suministrar un gas;
  - un medio para transportar dicha solución de tensioactivo en dicho receptáculo (11) y dicho gas a lo largo de un paso de flujo hacia dicha salida;
  - 10 en donde dicho medio de transporte comprende un conducto que tiene una sección (15) de formación de espuma para generar dicha espuma a partir de dicha solución de tensioactivo y dicho gas;
  - en donde dicho medio de suministro de gas y dicho medio de transporte están configurados para proporcionar dicho gas y dicha solución de tensioactivo a la sección (15) de formación de espuma con las características de flujo fluido comprendiendo una velocidad superficial del gas ' $V_G$ ' y una velocidad superficial del líquido ' $V_L$ '; y
  - 15 en donde dichas características de flujo fluido están caracterizadas por una relación entre la velocidad superficial del gas ' $V_G$ ', la velocidad superficial del líquido ' $V_L$ ' y las constantes  $C_1$  y  $C_2$ , en donde  $V_G$  no es más de  $C_1$  multiplicado por  $V_L$  más  $C_2$ , y las constantes  $C_1$  y  $C_2$  tienen valores de 18,4 y 507,4 respectivamente con un 10 % de tolerancia.
- 20 2. El dispensador según la reivindicación 1 que además comprende:
  - un medio para aplicar presión a la solución de tensioactivo en dicho receptáculo (11) para llevar dicha solución de tensioactivo a lo largo de dicho conducto y hacia dicha sección (15) de formación de espuma y para llevar espuma generada por dicha sección (15) de formación de espuma hacia dicha salida.
- 25 3. El dispensador según la reivindicación 2, en donde dicho medio de aplicación de presión es proporcionado por dicho gas que se mantiene bajo presión dentro de dicho receptáculo (11).
4. El dispensador según la reivindicación 3, en donde dicho gas se mantiene a una presión de entre 0,1 bar y 25 bares, y/o en donde dicho gas se mantiene a una presión de entre 0,3 bares y 8 bares.
- 30 5. El dispensador según una de las reivindicaciones anteriores, en donde dicho medio de transporte comprende un tubo bifurcado que tiene una entrada de gas y una entrada de solución de tensioactivo que se encuentran en un punto de bifurcación en el que dicho gas y dicha solución de tensioactivo se mezclan durante el funcionamiento, antes de entrar en la sección (15) de formación de espuma.
- 35 6. El dispensador según la reivindicación 5, en donde dicha entrada de gas y dicha entrada de solución de tensioactivo están verticalmente separadas entre sí.
7. El dispensador según la reivindicación 5 o 6, en donde dicho punto de bifurcación está configurado para permanecer generalmente por debajo del nivel de líquido de la solución de tensioactivo.
- 40 8. Un componente de formación de espuma para un dispensador de espuma, según la reivindicación 1, para producir una microespuma sin requerir el uso de gas licuado, desde una salida, comprendiendo dicho componente de formación de espuma:
  - 45 un medio para transportar una solución de tensioactivo desde un receptáculo (11) y un gas desde un suministro de gas a lo largo de un paso de flujo;
  - en donde dicho medio de transporte comprende un conducto que tiene una sección (15) de formación de espuma para generar dicha espuma a partir de dicha solución de tensioactivo y dicho gas;
  - 50 en donde dicho medio de transporte está configurado para proporcionar dicho gas y dicha solución de tensioactivo a la sección (15) de formación de espuma, con las características de flujo fluido comprendiendo una velocidad superficial del gas ' $V_G$ ' y una velocidad superficial del líquido ' $V_L$ '; y
  - en donde dichas características de flujo fluido están caracterizadas por una relación entre la velocidad superficial del gas ' $V_G$ ', la velocidad superficial del líquido ' $V_L$ ' y las constantes  $C_1$  y  $C_2$ , en donde  $V_G$  no es más de  $C_1$  multiplicado por  $V_L$  más  $C_2$ , y las constantes  $C_1$  y  $C_2$  tienen valores de 18,4 y 507,4 respectivamente, con un 10 % de tolerancia.
  - 55
9. El componente de formación de espuma según la reivindicación 8, en donde dicho medio de transporte comprende un tubo bifurcado que tiene una entrada de gas y una entrada de solución de tensioactivo que se encuentran en un punto de bifurcación en el que dicho gas y dicha solución de tensioactivo se mezclan durante el funcionamiento, antes de entrar en la sección (15) de formación de espuma.
- 60 10. El componente de formación de espuma según la reivindicación 9, en donde dicha entrada de gas y dicha entrada de solución de tensioactivo están verticalmente separadas entre sí.
- 65 11. Componente de formación de espuma según la reivindicación 9 o 10, en donde dicho punto de bifurcación está configurado para permanecer generalmente por debajo del nivel de líquido de la solución de tensioactivo.

12. Un método para producir una espuma sin requerir el uso de gas licuado, comprendiendo dicho método:  
transportar una solución de tensioactivo desde un receptáculo (11) y un gas desde un suministro de gas a lo largo de un paso de flujo;  
5 en donde dicha etapa de transportar comprende transportar dicha solución de tensioactivo y dicho gas en un conducto que tiene una sección (15) de formación de espuma para generar dicha espuma a partir de dicha solución de tensioactivo y dicho gas;  
en donde dicho gas y dicha solución de tensioactivo se proporcionan a la sección (15) de formación de espuma, con las características de flujo de fluido comprendiendo una velocidad superficial del gas ' $V_G$ ' y  
10 una velocidad superficial del líquido ' $V_L$ '; y  
en donde dichas características de flujo fluido están caracterizadas por una relación entre la velocidad superficial del gas ' $V_G$ ', la velocidad superficial del líquido ' $V_L$ ' y las constantes  $C_1$  y  $C_2$ , en donde  $V_G$  no es más de  $C_1$  multiplicado por  $V_L$  más  $C_2$ , y las constantes  $C_1$  y  $C_2$  tienen valores de 18,4 y 507,4 respectivamente, con un 10 % de tolerancia.

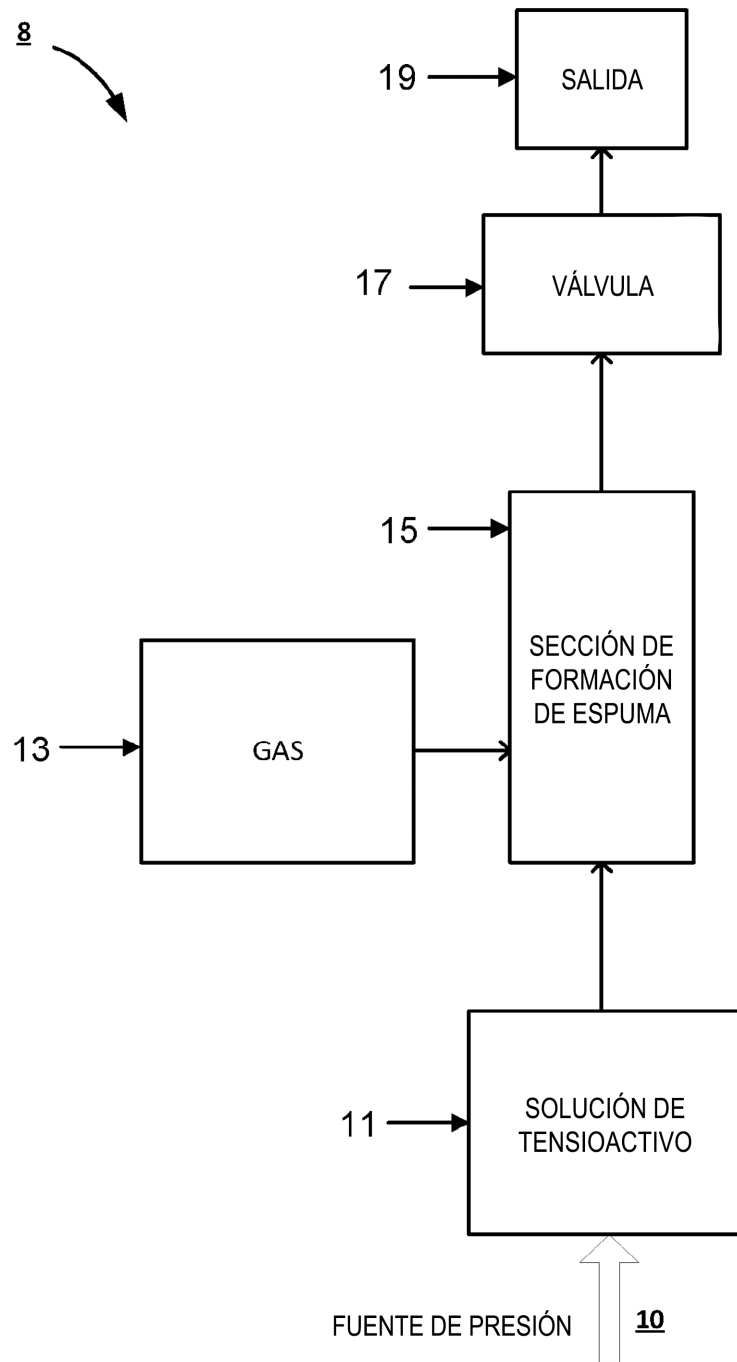


Figura 1

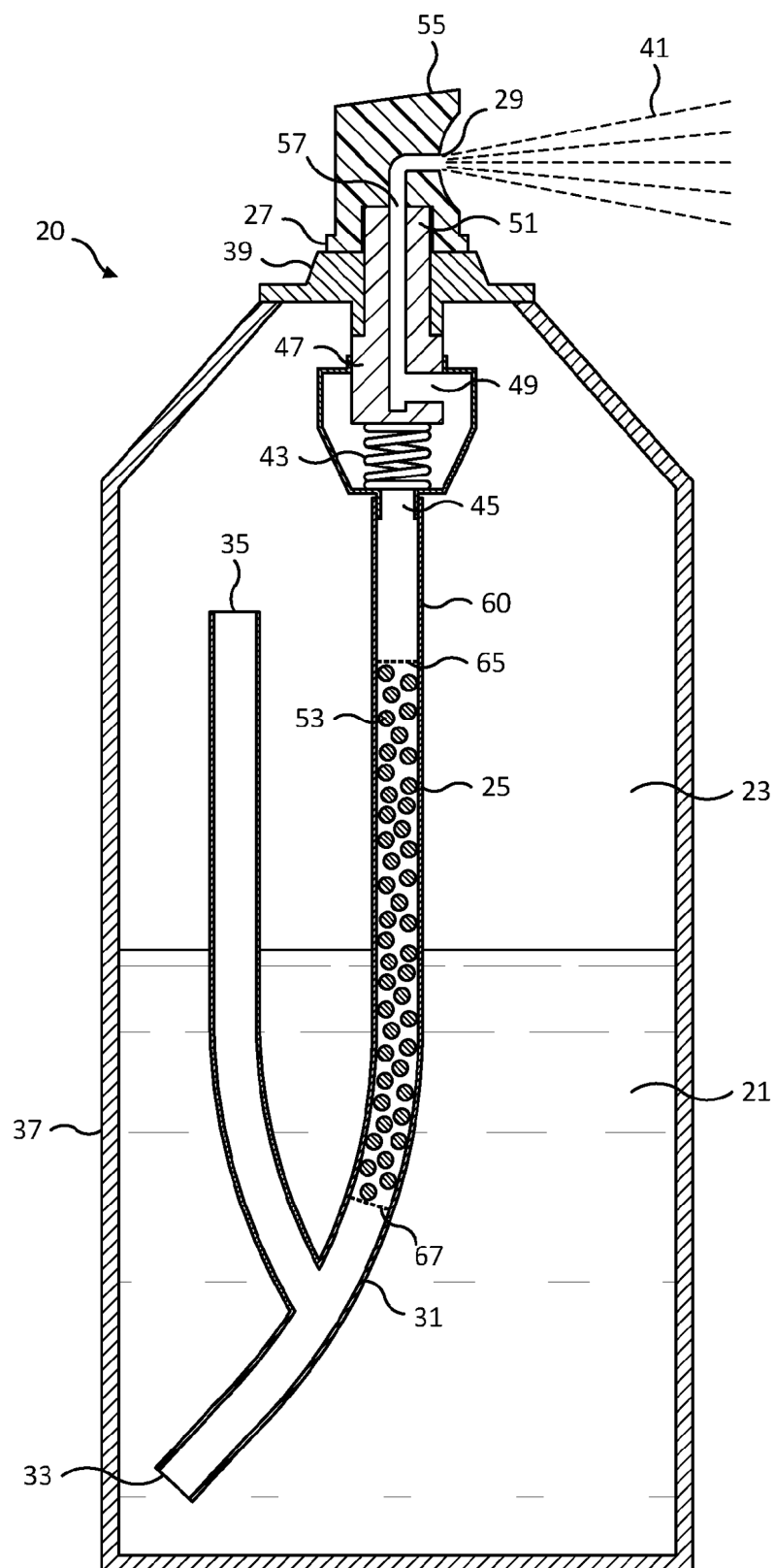


Figura 2

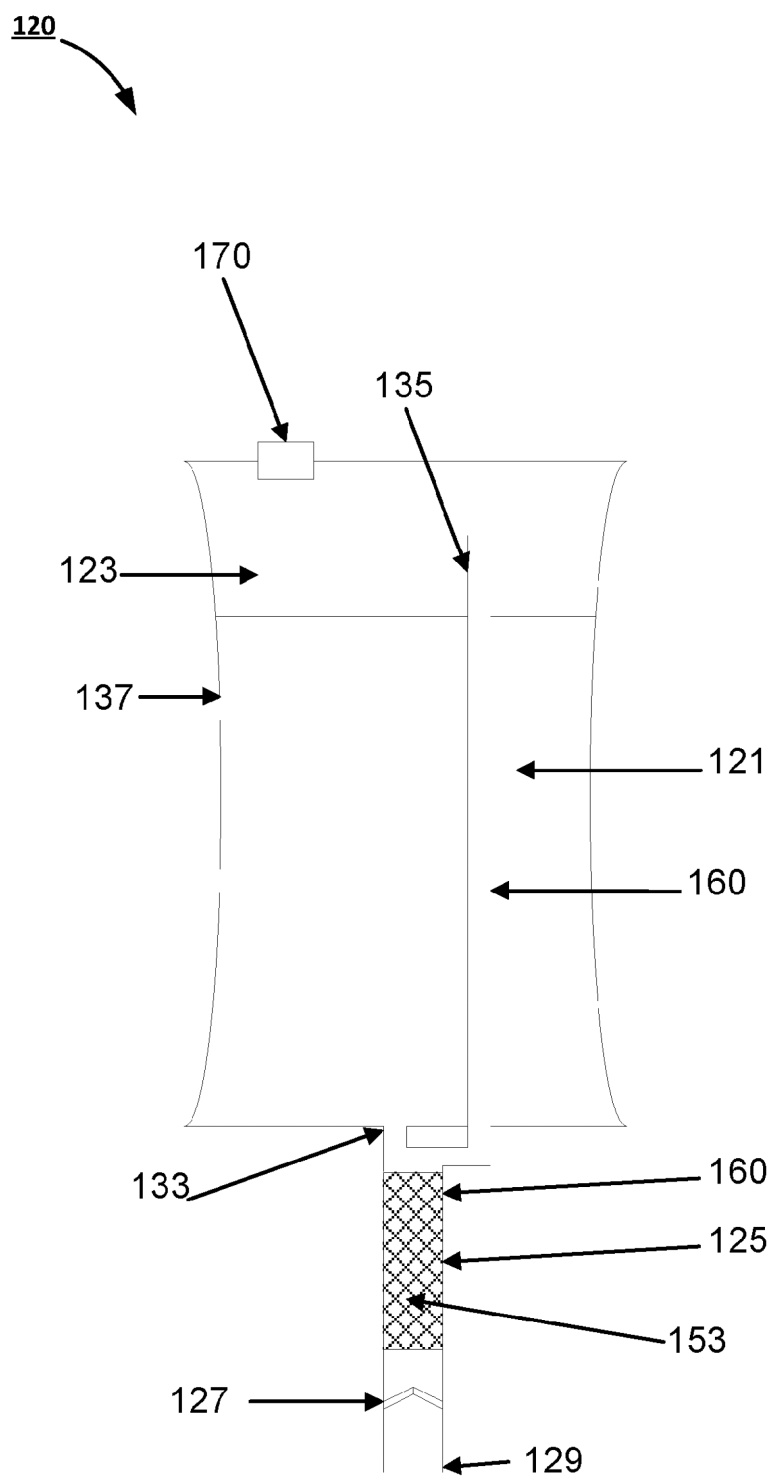


Figura 3

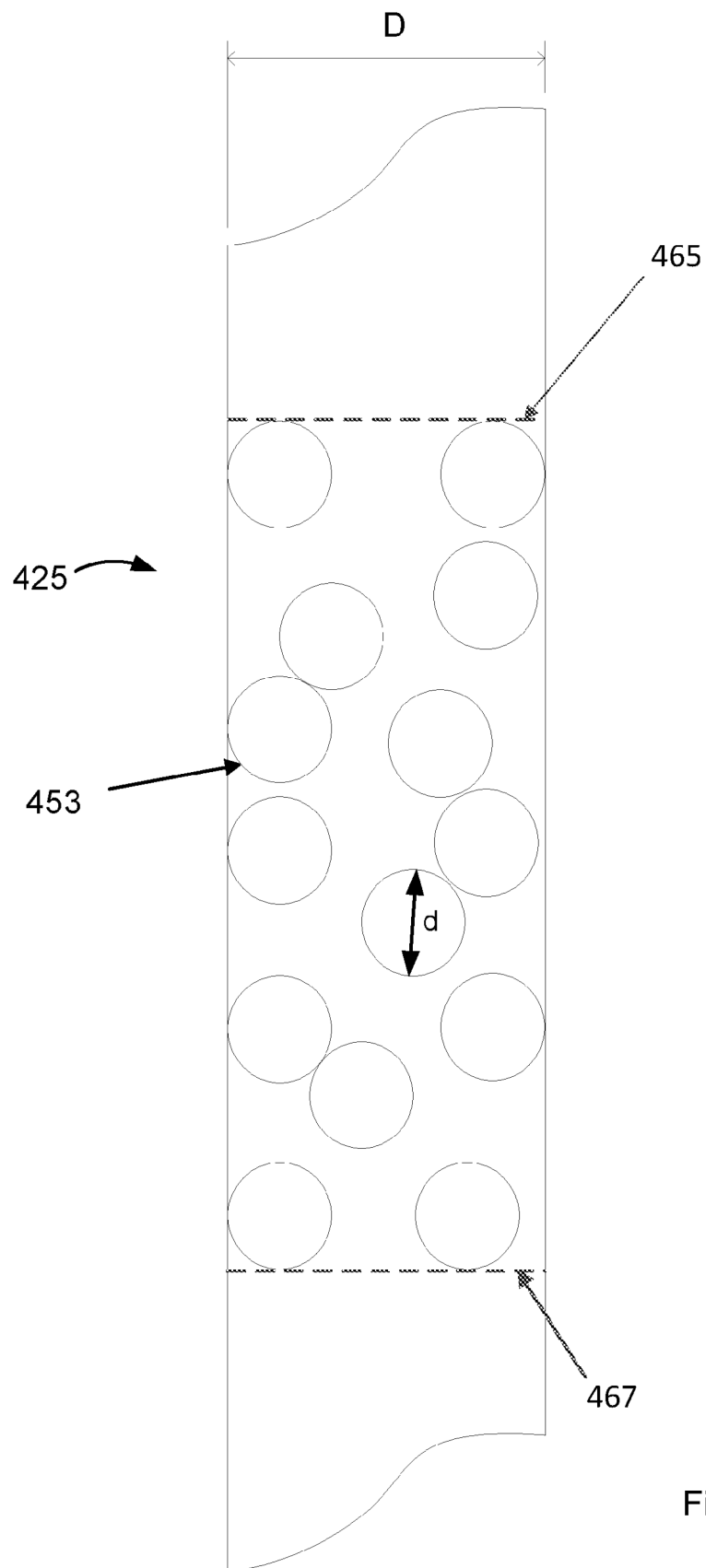


Figura 4

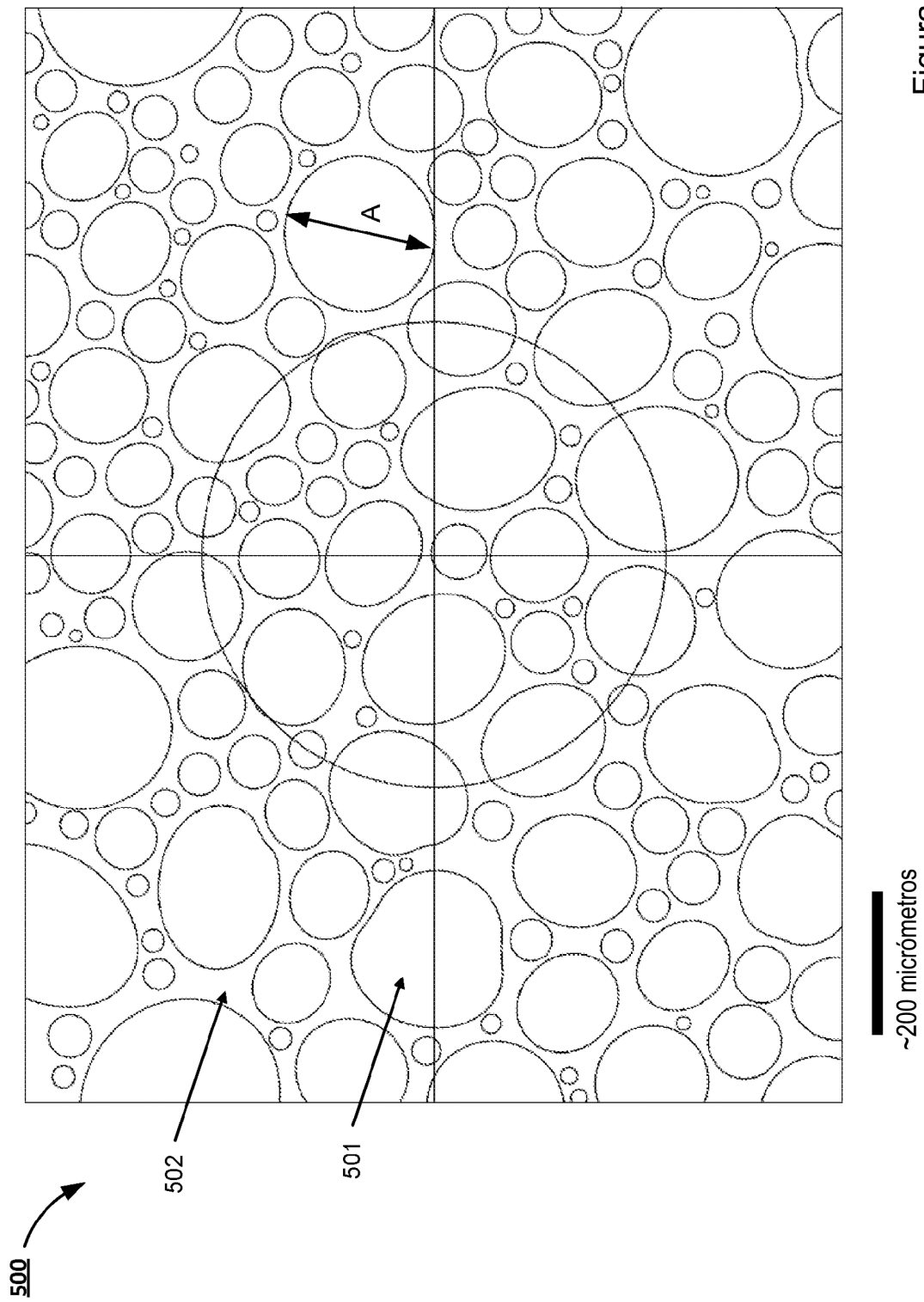


Figura 5

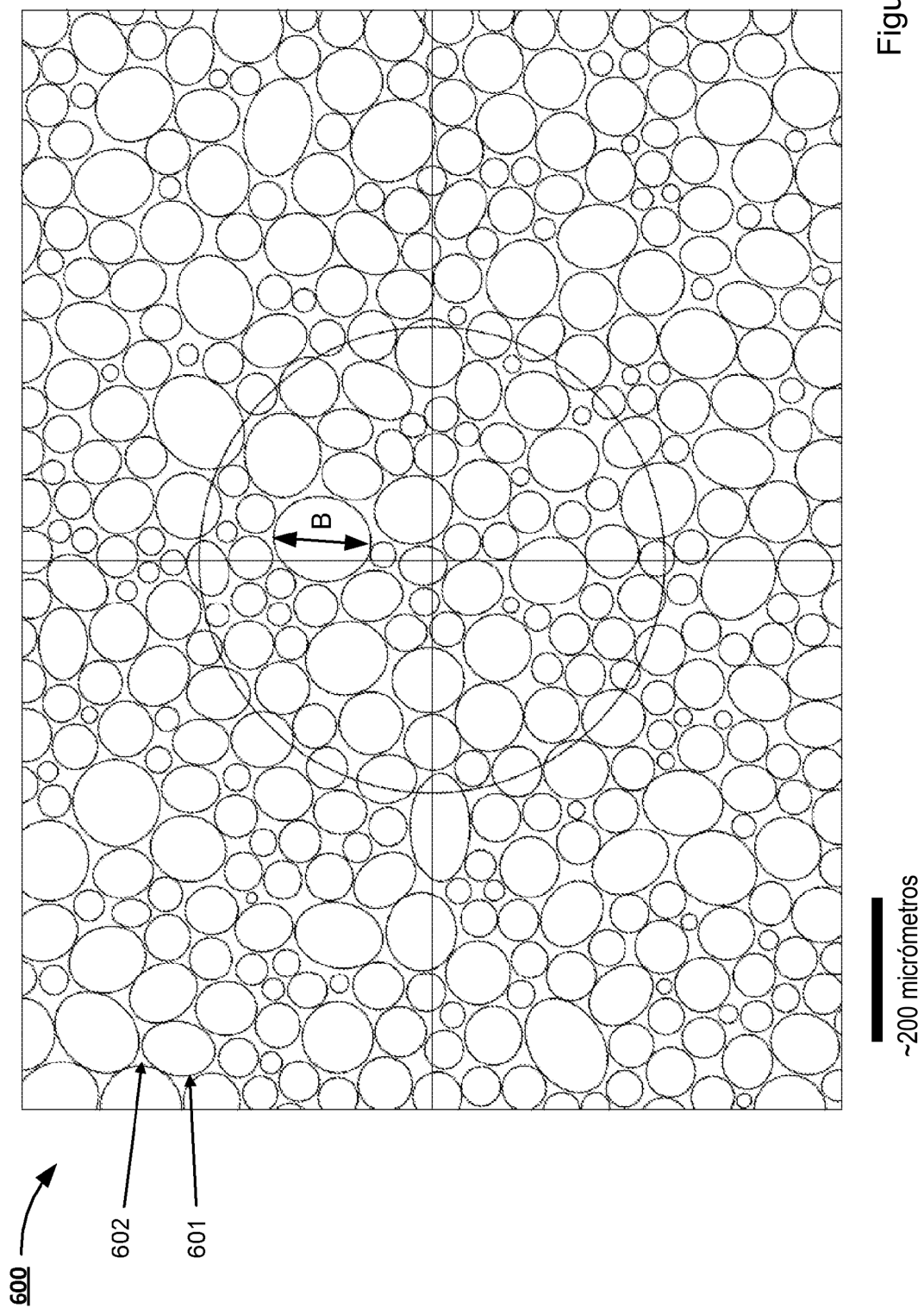


Figura 6

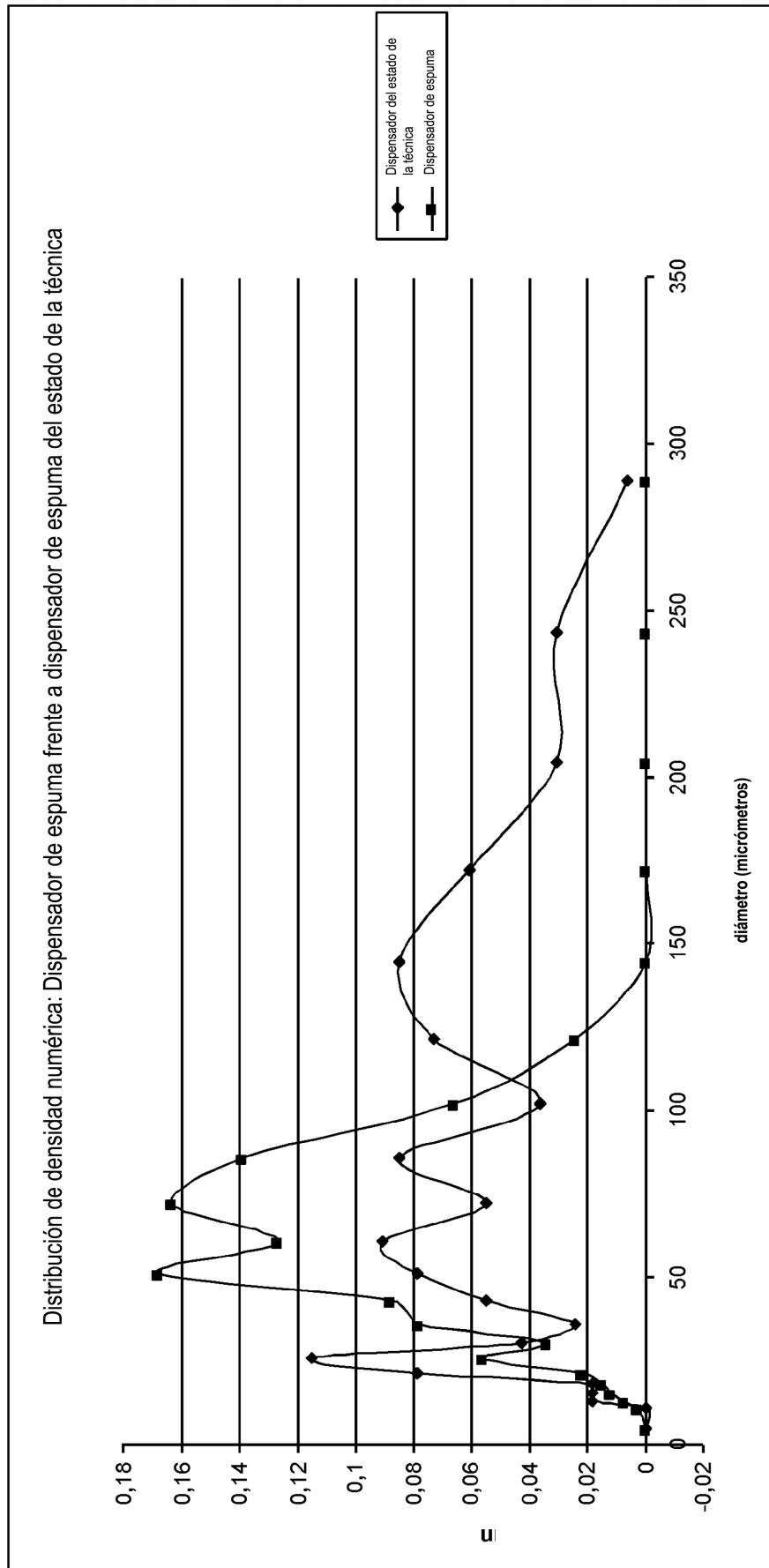


Figura 7

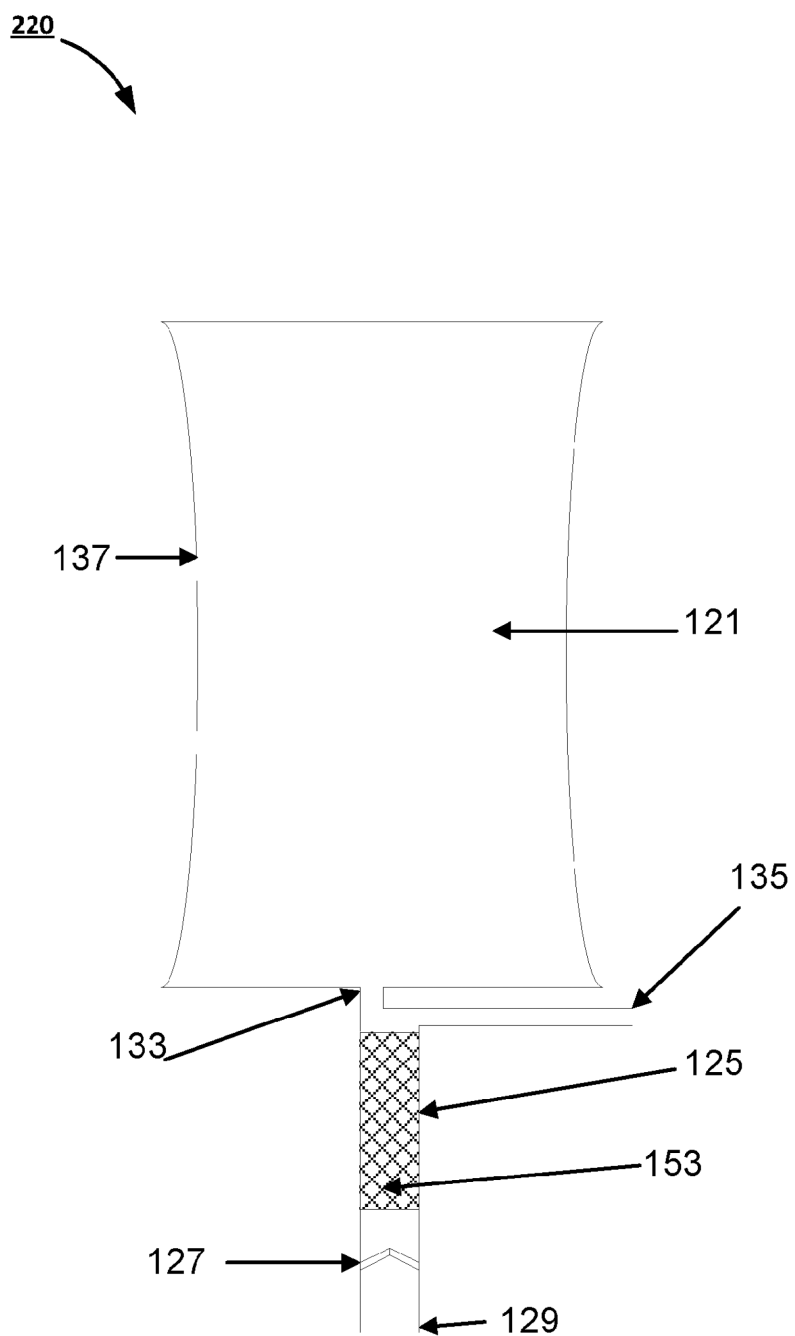


Figura 8

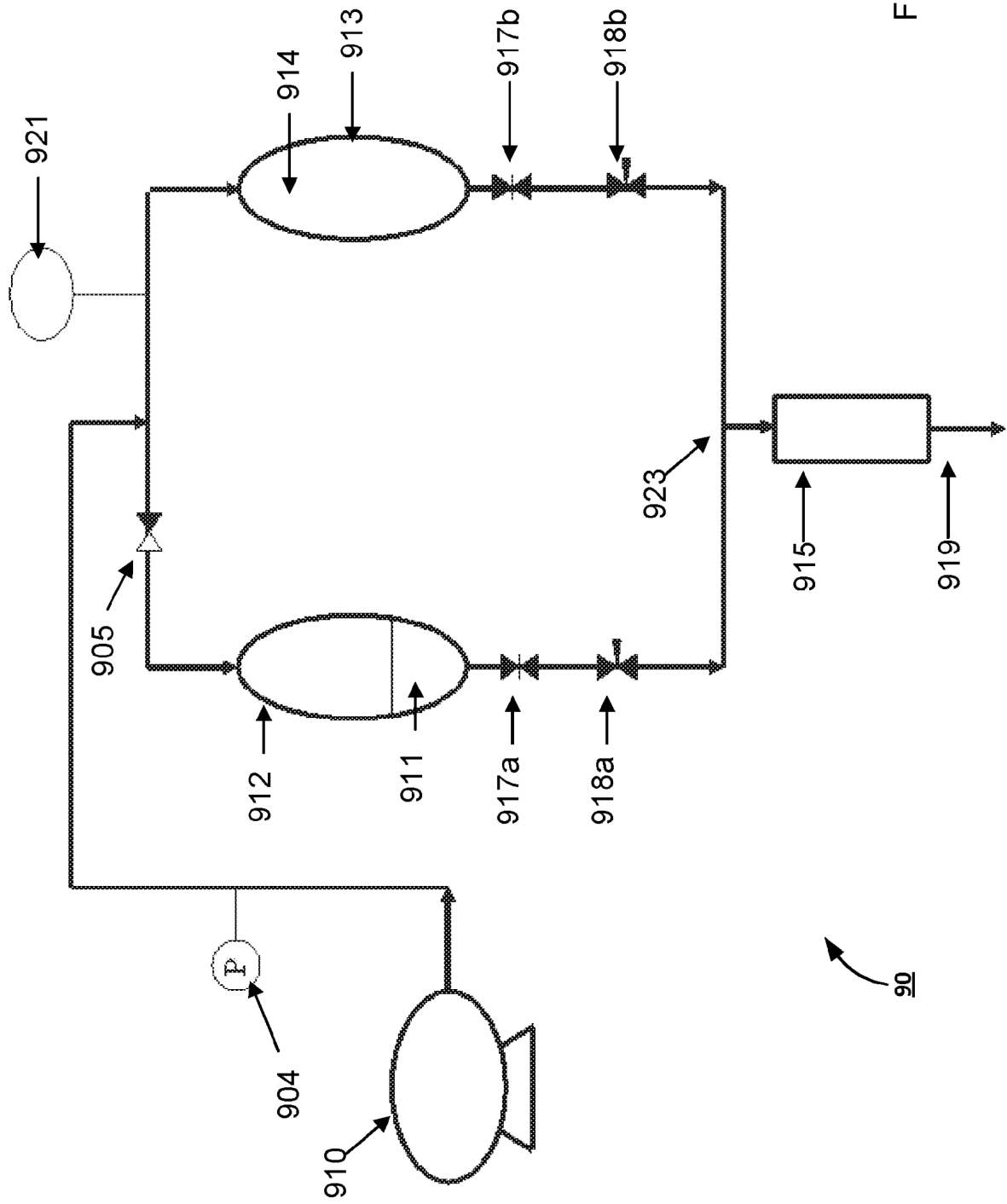


Figura 9

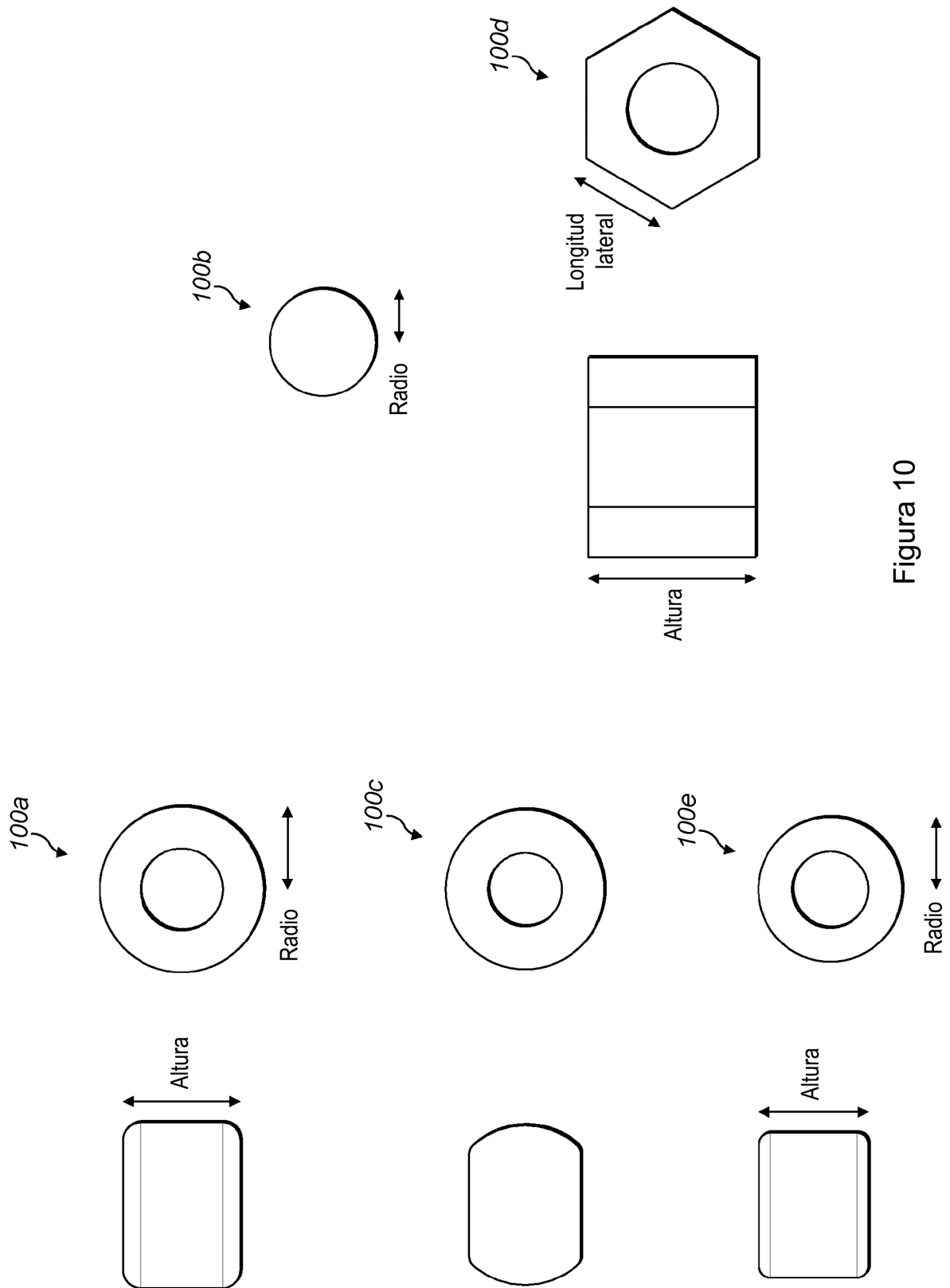


Figura 10

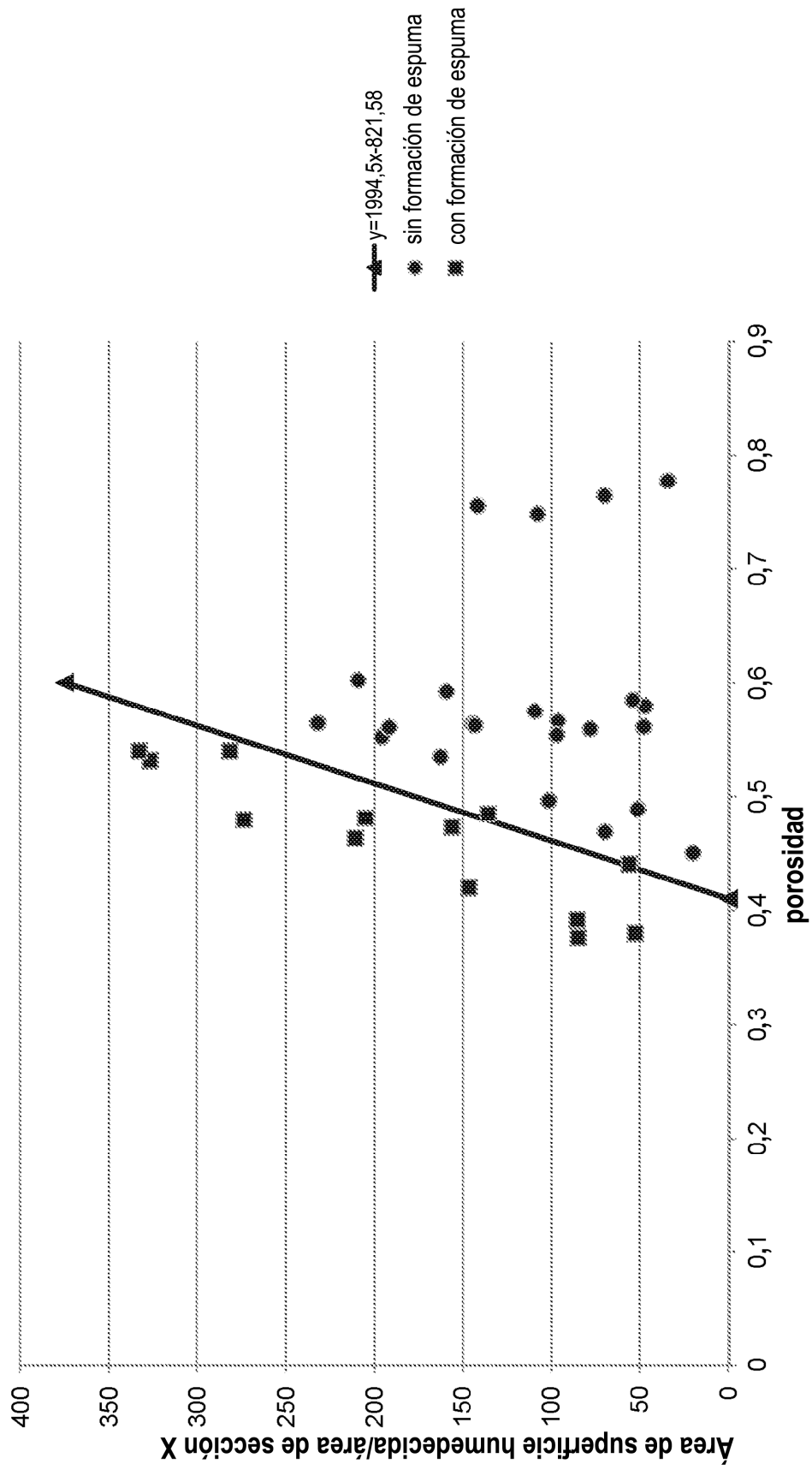


Figura 11

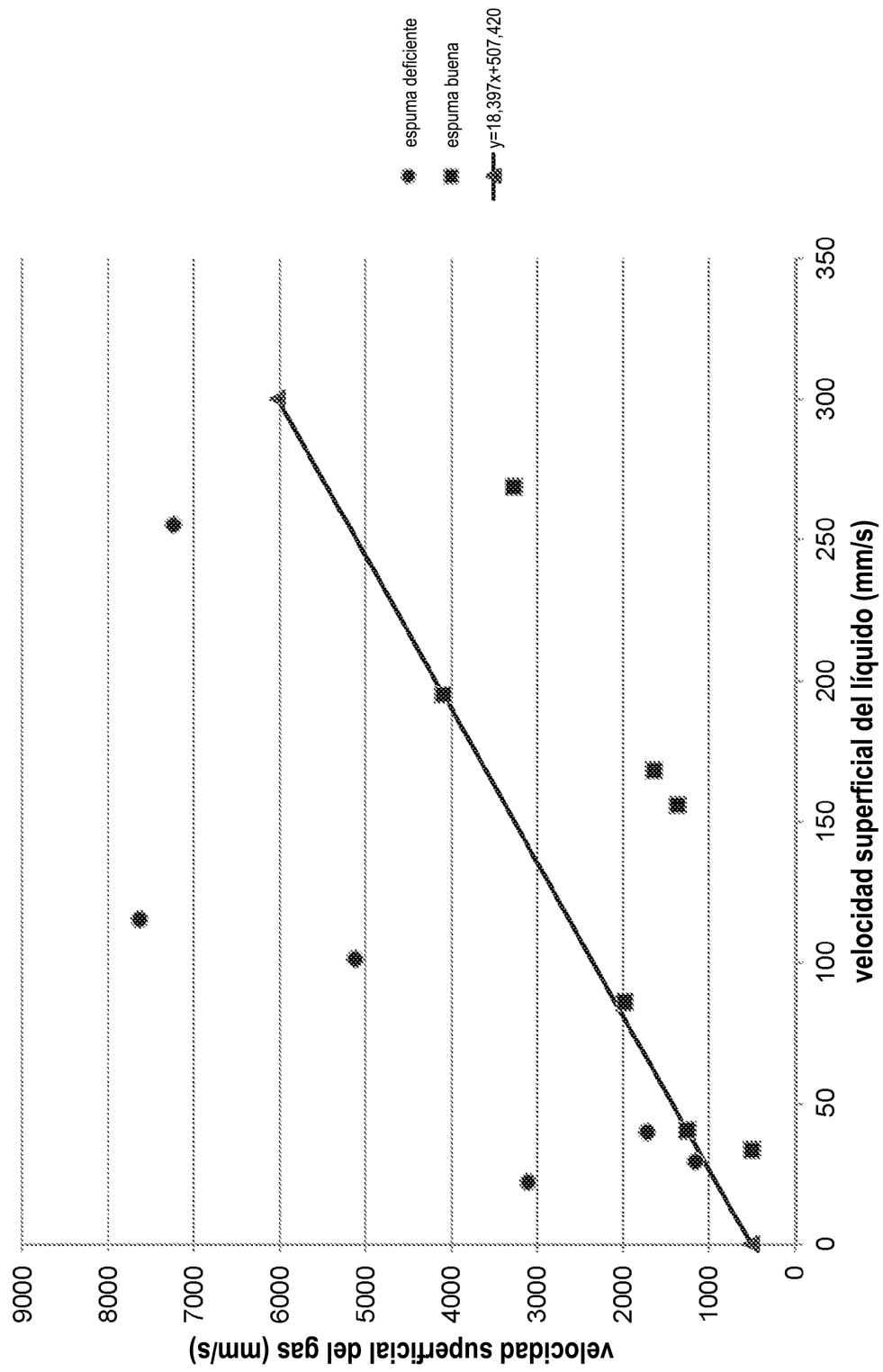


Figure 12