

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 804 150**

51 Int. Cl.:

<b>F26B 3/12</b>	(2006.01)
<b>B01D 1/18</b>	(2006.01)
<b>B01J 2/04</b>	(2006.01)
<b>B01J 2/06</b>	(2006.01)
<b>B05B 7/06</b>	(2006.01)
<b>B05B 12/18</b>	(2008.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.02.2016 PCT/EP2016/053643**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.08.2016 WO16131983**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.02.2016 E 16706830 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.04.2020 EP 3259543**

54 Título: **Un aparato y un método para generar gotas**

30 Prioridad:

**20.02.2015 EP 15382069**

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

**04.02.2021**

73 Titular/es:

**INGENIATRICS TECNOLOGIAS (50.0%)  
Pl. Parque Plata Camino Mozárabe, 41  
41900 Camas (Sevilla), ES y  
UNIVERSIDAD DE SEVILLA (50.0%)**

72 Inventor/es:

**ASENSIO CAÑO, MIGUEL ÁNGEL;  
TALAVERA ALMENA, BEATRIZ;  
FLORES MOSQUERA, MARÍA y  
GAÑÁN-CALVO, ALFONSO MIGUEL**

74 Agente/Representante:

**PONS ARIÑO, Ángel**

ES 2 804 150 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Un aparato y un método para generar gotas

5 La invención se refiere a un aparato y a métodos para generar gotas. La presente divulgación se refiere a un método para generar una corriente colimada de gotas desde una boquilla de concentración de flujo, y a un método y a un aparato para preservar las gotas cuando se sumergen (es decir, se introducen) en un entorno de secado o endurecimiento y/o para proteger las gotas durante la formación.

10 Se conocen técnicas para producir corrientes de gotas colimadas, tal como la concentración de flujo. Las gotas en las corrientes de gotas pueden secarse posteriormente para formar un polvo, por ejemplo, que a menudo se denomina secado por pulverización. Sin embargo, la cantidad de gotas que se pueden secar en comparación con la cantidad de gotas que se producen a menudo es baja (por ejemplo, por debajo del 80 %), debido a que las gotas son atraídas y/o adheridas, al aparato. Además, a medida que las gotas salen de un dispositivo de formación de gotas, las propiedades/características iniciales de las gotas pueden perderse o verse afectadas de tal forma que la gota pierda su forma y pueda aglomerarse y/o polidispersarse, o incluso no producirse.

La Figura 1 ilustra un ejemplo de un sistema 1 conocido que se usa para el secado por pulverización. El sistema 1 incluye un dispositivo de formación de gotas 2, como una boquilla de concentración de flujo. El ejemplo ilustrado se ha simplificado, pero se apreciará que la boquilla de concentración de flujo se alimenta con uno o más fluidos 4 para producir una corriente de gotas en su salida (no mostrada). La salida del dispositivo 2 está dentro de una cámara de secado, que en este ejemplo previo es un conducto cilíndrico alargado 6. El conducto 6 está provisto de una corriente de aire a través de la entrada de fluido 8. La corriente de aire se encuentra a una temperatura mayor que la temperatura ambiente (es decir, 20 °C a 26 °C) de modo que a medida que la corriente de gotas sale del dispositivo 2, las gotas se secan al aire. Sin embargo, la corriente de aire proporcionada dentro del conducto 6 puede evitar que se produzcan gotas de forma efectiva o, como se ha mencionado anteriormente, puede afectar las gotas de forma que se aglomeren y/o polidispersen.

Adicionalmente, el documento DE2020070085121U describe una configuración para la distribución de aire de proceso en una torre de secado útil dentro de una unidad de secado, que comprende cámaras de anillo dispuestas debajo de la torre cubriendo el conducto de alimentación y una pared exterior de la torre de secado hacia una abertura inferior de descarga de producto. En el centro, la torre de secado se proyecta desde una cubierta superior de la torre por un conducto de alimentación coaxial con una unidad pulverizadora para productos a ser secados en la torre de secado. El aire calentado es traído dentro de la torre de secado por el conducto de alimentación presente en la cubierta de la torre. La torre de secado presenta un de aire de descarga. Las cámaras de anillos están formadas por una superficie de anillo que se sumerge en el área de secado y en la pared exterior. Cada cámara de anillo presenta un conducto separado para el aire procesado. La cámara de anillo interior esta provista con el aire procesado de menor temperatura que el de la cámara de anillo exterior durante la pulverización. La temperatura de aire procesado es incrementada desde la cámara interior usando procedimientos de pulverización fría. El aire procesado es descargado desde las cámaras de anillo con las mismas o diferentes velocidades de descarga. Las cámaras de anillo están conectadas separadas o unidas con el evaporador como un intercambiador de calor y con un ventilador para introducir el aire.

Por consiguiente, un objeto de la presente invención es mejorar el rendimiento de las gotas y/o polvo producido por dicho aparato de secado por pulverización, y proporcionar un entorno de estabilización para las gotas que salen de un dispositivo de formación de gotas antes de secarse al aire.

La presente divulgación puede entenderse con referencia a la descripción de las realizaciones que se exponen a continuación, junto con los dibujos adjuntos en los que:

50 la Figura 1 ilustra esquemáticamente un ejemplo de un sistema de secado por aire conocido;

la Figura 2 ilustra un aparato para el secado por pulverización de acuerdo con una primera realización de la invención;

55 la Figura 3 ilustra una vista ampliada del aparato ilustrado en la Figura 2;

la Figura 4 ilustra esquemáticamente una sección transversal a través de un aparato de acuerdo con la primera realización de la invención;

60 la Figura 5 ilustra, en una imagen superior, gotas polidispersas y aglomeradas, y en una imagen inferior gotas monodispersas y secas;

la Figura 6 ilustra una sección transversal parcial a través del aparato de acuerdo con la primera realización de la invención;

65 la Figura 7 ilustra una sección transversal a través de una boquilla de concentración de flujo de acuerdo con la primera realización de la invención;

la Figura 8 ilustra un aparato para el secado por pulverización de acuerdo con una segunda realización de la invención;

la Figura 9 ilustra un aparato para el secado por pulverización de acuerdo con una tercera realización de la invención;  
y

5 la Figura 10 ilustra un distribuidor de fluido multiboquilla que se puede usar con la segunda y tercera realizaciones de la invención.

10 De acuerdo con un primer aspecto de la invención, se proporciona un aparato de acuerdo con la reivindicación 1. Realizaciones preferentes están definidas por las reivindicaciones 2-7.

15 Por tanto, las gotas durante la formación están protegidas del flujo del fluido de reacción y puede perseguirse un mayor número de gotas producidas usando el distribuidor de líquido. Por consiguiente, al menos el 99,5 % de las gotas que se producen saldrán del primer dispositivo de flujo de fluido y se pueden transformar posteriormente para formar partículas.

El distribuidor de líquido está configurado para generar la corriente de gotas usando la concentración de flujo.

20 El distribuidor de líquido puede estar dispuesto concéntricamente dentro del primer dispositivo de flujo de fluido (es decir, el distribuidor de líquido y el primer dispositivo de flujo de fluido pueden compartir el mismo centro o eje, de modo que sean coaxiales) y el primer dispositivo de flujo de fluido puede estar dispuesto concéntricamente dentro del segundo dispositivo de flujo de fluido.

25 Cada uno del fluido de confinamiento y/o el fluido de reacción puede ser aire.

30 El primer y/o segundo dispositivos de flujo de fluido pueden comprender un conducto alargado y el primer y/o segundo dispositivos de flujo de fluido pueden comprender un conducto circular (es decir, el conducto tiene una sección transversal circular). Los conductos pueden también ser no circulares (por ejemplo, ovalados, polígono elíptico o simple). Se entenderá que si se usa un conducto no circular, su radio se toma como la mitad de la distancia más grande entre cualquier par de vértices.

La salida de líquido puede comprender una pluralidad de boquillas, cada una configurada para generar un flujo de gotas.

35 La temperatura del segundo flujo de fluido puede ser mayor que la temperatura de la corriente de gotas y/o el flujo de fluido de confinamiento.

La reacción puede comprender endurecer las gotas en la corriente de gotas.

40 El primer dispositivo de flujo de fluido puede dimensionarse para producir un flujo de fluido laminar, y puede dimensionarse para evitar que la corriente de gotas se aglomere.

45 De acuerdo con un segundo aspecto de la invención, se proporciona un sistema que comprende un aparato de acuerdo con uno cualquiera de los aparatos descritos anteriormente y un primer dispositivo de generación de flujo de fluido acoplado al primer dispositivo de flujo de fluido y configurado para proporcionar el fluido de confinamiento al primer dispositivo de flujo de fluido. El primer dispositivo de generación de flujo de fluido y el primer dispositivo de flujo de fluido pueden configurarse de acuerdo con la siguiente expresión:

$$U_{min} \geq 0,2 \cdot \left( \frac{\mu_g^2 H^3}{\rho_g^2 D_1^5} \right)^{1/2}$$

50 en los que:  $U_{min}$  es la velocidad del caudal del fluido de confinamiento;  $\mu_g$  es la viscosidad del fluido de confinamiento;  $H$  es la distancia entre la salida de líquido del distribuidor de líquido y la salida del primer dispositivo de flujo de fluido;  $\rho_g$  es la densidad del fluido de confinamiento; y  $D_1$  es el diámetro externo del distribuidor de líquido.

55 De acuerdo con un tercer aspecto de la invención, se proporciona un método de acuerdo con la reivindicación 9. Realizaciones preferentes del método están definidas por las reivindicaciones 10-13.

60 El flujo de fluido de reacción puede endurecer las gotas para formar partículas/cápsulas y el método puede comprender recoger las partículas/cápsulas en una salida del segundo dispositivo de flujo de fluido.

Una velocidad mínima del flujo de fluido de confinamiento está representada por la expresión:

$$U_{min} \geq 0,2 \cdot \left( \frac{\mu_g^2 H^3}{\rho_g^2 D_1^5} \right)^{1/2}$$

en los que:  $U_{min}$  es la velocidad del caudal del fluido de confinamiento;  $\mu_g$  es la viscosidad del fluido de confinamiento;  $H$  es la distancia entre la salida de líquido del distribuidor de líquido y la salida del primer dispositivo de flujo de fluido;  $\rho_g$  es la densidad del fluido de confinamiento; y  $D_1$  es el diámetro externo del distribuidor de líquido.

- 5 En el método para generar una corriente colimada de gotas desde una boquilla de concentración de flujo que comprende un orificio de descarga, un primer distribuidor de fluido y un segundo distribuidor de fluido, en el que el segundo distribuidor de fluido está dispuesto para acelerar, con un fluido portador, un fluido que se distribuye desde el primer distribuidor de fluido fuera de la boquilla de descarga, comprendiendo el método configurar la boquilla de concentración de flujo para obtener una desviación estándar geométrica de la salida de gotas de la corriente colimada de gotas de menos de 1,6 de acuerdo con la expresión:

$$\left( \frac{D^2 \Delta P^2 \rho_l^2 Q_l}{\sigma \mu_l^3} \right)^{1/4} \leq \frac{1 + 0,5 \left( \frac{\rho_l}{\rho_d} \right)}{1 + 0,018 \left( \frac{\mu_l}{\mu_d} \right)}$$

- 15 en la que  $D$  es el diámetro nominal del orificio de descarga,  $\Delta P$  es la presión del portador,  $\rho_l$  es la densidad del fluido que se distribuye,  $Q_l$  es el caudal del fluido que se distribuye desde el primer distribuidor de fluido,  $\sigma$  es la tensión superficial entre el fluido distribuido y el fluido portador,  $\mu_l$  es la viscosidad del fluido que se distribuye,  $\rho_d$  es la densidad del fluido portador, y  $\mu_d$  es la viscosidad del fluido portador.

- 20 La boquilla de concentración de flujo puede configurarse para obtener una desviación estándar geométrica del desembolso de gotas de la corriente colimada de gotas de menos de 1,4, o menos de 1,3.

- El primer distribuidor de fluido puede comprender un distribuidor de fluido interno configurado para dispensar un fluido central y un distribuidor de fluido externo configurado para dispensar un fluido de cubierta y en el que  $\rho_l$ ,  $Q_l$  y  $\mu_l$  son del fluido de cubierta.

- 25 La Figura 2 ilustra un aparato 10 para el secado por pulverización. El aparato 10 se puede separar en tres partes principales; un distribuidor de líquido o dispositivo de distribución de líquido 12, un primer dispositivo de flujo de fluido o dispositivo de confinamiento/prevención 14 y un segundo dispositivo de flujo de fluido o dispositivo de reacción/secado 16. La Figura 3 ilustra el aparato 10 en una vista desplegada.

- 30 Las Figuras 2 y 3 se usan a continuación para describir el aparato 10. El distribuidor de líquido 12 es una forma de dispositivo o boquilla de concentración de flujo. Sin embargo, se apreciará que en el presente documento se usa una boquilla de concentración de flujo como ejemplo, pero otros tipos de boquilla (por ejemplo, boquilla vibratoria, boquilla ultrasónica o boquilla de chorro de tinta) se pueden utilizar. El funcionamiento del distribuidor de líquido se describe con más detalle con referencia a la Figura 7. El distribuidor de líquido 12 incluye dos entradas de fluido 18, 20 para introducir fluidos para producir una gota en un extremo próximo. Por ejemplo, la primera entrada de fluido 18 puede alimentarse con un fluido de gotas de núcleo, por ejemplo, una fragancia aceitosa, y la segunda entrada de fluido 20 puede alimentarse con un fluido de gota de cubierta, por ejemplo, una solución polimérica acuosa (por ejemplo, Goma arábica o Shellac). La gota resultante tiene la forma de una gota de núcleo-cubierta o cápsula (es decir, una gota que comprende un núcleo y una cubierta exterior). Se apreciará que el distribuidor de líquido 12 solo puede incluir una sola entrada de fluido (es decir, una de las dos entradas de fluido 18, 20) para alimentar solo un fluido para la producción de gotas. Otros fluidos de núcleo o cubierta incluyen suspensiones acuosas u orgánicas, emulsiones, solución polimérica orgánica, soluciones acuosas/orgánicas que incluyen ingredientes, líquidos puros activos, o soluciones que incluyen mezclas de componentes como plastificantes, aditivos, espesantes y monómeros. Se proporciona una tercera entrada de fluido 22 para alimentar un fluido portador tal como aire. Se pueden usar otros gases como fluido portador, tales como argón o nitrógeno. El distribuidor de fluido incluye un conducto o ducto circular, o alargado 24 que tiene un diámetro externo de 5 mm que está acoplado a cada una de las entradas de fluido 18, 20, 22 y está terminado en un extremo distal con una boquilla, orificio o salida 25. La boquilla 25 incluye en esta realización un orificio de salida único que tiene un diámetro de 350  $\mu\text{m}$  (no mostrado). El ducto 24 incluye uno o más canales o conductos internos que se describen con más detalle con referencia a la Figura 7.

- 55 El primer dispositivo de flujo de fluido o dispositivo de confinamiento/prevención 14 incluye un ducto o conducto circular alargado 26 que tiene un diámetro interno de 60 mm. El ducto 26 tiene en su extremo proximal un capuchón, tapa o cubierta (es decir, un dispositivo de cierre) 28 usado para cerrar el ducto 26 en su extremo proximal, excepto por una abertura o entrada 32 para permitir que el distribuidor de líquido 12 se inserte su interior. El diámetro del ducto 26 es mayor que el diámetro del ducto 24. El ducto 24 del distribuidor de líquido 12 está dispuesto de forma que al menos una porción (es decir, una porción distal) se extienda a través de la abertura 32 y dentro del ducto 26, y una porción adicional (es decir, una porción proximal) se extiende fuera del ducto 26. Como se puede ver en la Figura 2, la boquilla 25 está dispuesta en parte a lo largo de la longitud del ducto 26 (es decir, el distribuidor de líquido termina dentro del ducto 26). El distribuidor de líquido 12 está dispuesto concéntricamente dentro del primer dispositivo de flujo de fluido 14. El dispositivo de cierre 28 incluye una entrada 30 que está acoplada a un canal interno (no mostrado) para permitir el paso de fluido desde la entrada 30 a través del canal interno del dispositivo de cierre 28. El dispositivo de cierre 28 también incluye una abertura (no mostrada) acoplada al canal interno para permitir el paso de un fluido al conducto

26. La abertura dentro del dispositivo de cierre 28 puede ser circular para que coincida con la forma de la sección transversal del ducto 26. El ducto circular 26 tiene una abertura, salida orificio de salida 34 en su extremo distal para permitir el paso de gotas y el fluido alimentado a la entrada de fluido 30.

5 El segundo dispositivo de flujo de fluido o dispositivo de reacción 16 incluye un conducto o ducto circular alargado 36 que tiene un diámetro interno de 147 mm. El ducto 36 tiene en su extremo proximal un capuchón, tapa o cubierta (es decir, un dispositivo de cierre) 38 que cierra el ducto 36 en su extremo proximal a excepción de una abertura o entrada 42 para permitir que el ducto 26 del primer dispositivo de flujo de fluido 14 se inserte en su interior. El diámetro del ducto 36 es mayor que el diámetro del ducto 26. El ducto 26 del primer dispositivo de flujo 14 está dispuesto de tal forma que al menos una porción (es decir, una porción distal) se extienda a través de la abertura 42 y dentro del ducto 10 36, y una porción adicional (es decir, una porción proximal) se extiende fuera del ducto 36. Como se puede ver en la Figura 2, la abertura 34 está dispuesta en parte a lo largo del ducto 36 (es decir, el primer dispositivo de flujo de fluido 14 termina dentro del ducto 36). El primer dispositivo de flujo de fluido 14 está dispuesto concéntricamente dentro del segundo dispositivo de flujo de fluido 16. El dispositivo de cierre 38 incluye una entrada 40 que está acoplada a un canal interno (no mostrado) para permitir el paso de fluido desde la entrada 40 a través del canal interno del dispositivo de cierre 38. El dispositivo de cierre 38 también incluye una abertura (no mostrada) acoplada al canal interno para permitir el paso de un fluido al conducto 36. La abertura dentro del dispositivo de cierre 38 puede ser circular para que coincida con la forma de la sección transversal del ducto 36. El ducto circular 36 tiene una abertura, salida orificio de salida 44 en su extremo distal para permitir el paso de gotas y el fluido alimentado a las entradas de fluido 30, 40. Como alternativa, se puede extraer fluido de la salida 44 creando una presión negativa en la salida 44 usando una bomba de aspiración adecuada. 20

En este ejemplo, el segundo dispositivo de flujo de fluido (reacción) 16 está fabricado de acero inoxidable (es decir, el dispositivo de cierre 38) y vidrio (es decir, el conducto alargado 36), y el primer dispositivo de flujo de fluido (confinamiento) 14 está fabricado con materiales similares. El distribuidor de líquido 12 está fabricado de plástico y acero inoxidable. El vidrio se ha utilizado en este ejemplo para reducir cualquier fluctuación a gran escala que pueda resultar de cualquier aspereza interna en las paredes interiores de los conductos alargados 26, 36. 25

La Figura 4 ilustra esquemáticamente una sección transversal a través del aparato 10 ilustrado en la Figura 2. Se usan los mismos números de referencia en la Figura 4 que en las Figuras 2 y 3 para características similares. La Figura 4 ilustra el canal interno 66 del dispositivo de cierre 28 y su abertura circular asociada 68. La Figura 4 también ilustra el canal interno 71 del dispositivo de cierre 38 y su abertura circular asociada 73. 30

En funcionamiento, el aparato 10 está acoplado a un número de sistemas de alimentación, que pueden incluir compresores que están configurados para presurizar aire y alimentar el aire presurizado a varias entradas del aparato 10. El distribuidor de fluido 12 está acoplado a un compresor 50 a través de una tubería (línea o paso) 52 en su entrada 22. El compresor 50 alimenta aire, en este ejemplo, al distribuidor 12 para que el aire proporcione un portador para las gotas de modo que el distribuidor de líquido 12 distribuya un aerosol. Sin embargo, una bomba (por ejemplo, un recipiente presurizado, microbomba, bomba de tornillo, o bomba piezoeléctrica) podría usarse para alimentar el distribuidor de líquido 12 con un fluido (por ejemplo, agua si se usa una solución orgánica) para formar una emulsión. Una bomba 54 está acoplada a las entradas 18, 20 a través de una tubería (línea o paso) 56 para proporcionar un núcleo y material de gota de cubierta. Se apreciará que solo se ilustra una sola bomba 54 por simplicidad, pero cuando se producen gotas de núcleo-cubierta, se usan dos bombas separadas; una para cada entrada de fluido. Por supuesto, las gotas se pueden producir también usando un solo líquido, de modo que solo se requiere una sola bomba. Un compresor 58 está acoplado a la entrada 30 del primer dispositivo de flujo de fluido 14 a través de una tubería (línea o paso) 60 y un compresor 62 está acoplado a la entrada 40 del segundo dispositivo de flujo de fluido 16 a través de una tubería (línea o paso) 64. Aunque no se muestra en la Figura, también se puede disponer una bomba de aspiración en la abertura 44 del segundo dispositivo de flujo de fluido 16 para crear una presión de aire negativa en la abertura 44. En este ejemplo, los compresores 58, 62 alimentan el aparato 10 con aire, pero se pueden usar otros gases. Por ejemplo, el compresor 62 puede alimentar el segundo dispositivo de flujo de fluido 16 con aire que tiene una humedad relativa del 60 % o más, por ejemplo, reaccionar con las gotas que contienen cianoacrilatos, por ejemplo, que salen del primer dispositivo de flujo de fluido 14. Asimismo, el compresor 62 alimenta normalmente aire al aparato que tiene una temperatura superior a la temperatura ambiente (es decir, 20 °C a 26 °C). El compresor incluye un elemento de calentamiento que se controla para aumentar la temperatura del aire que fluye a través del compresor. En este ejemplo, la temperatura del fluido de reacción es mayor que el fluido de confinamiento, que puede usarse para secar gotas, por ejemplo. Sin embargo, se apreciará que las temperaturas del confinamiento y el flujo de reacción pueden ser diferentes, de tal forma que la temperatura del fluido de confinamiento es mayor que la del fluido de reacción, por ejemplo. Esto se puede lograr aumentando la temperatura del fluido de confinamiento por encima de la temperatura ambiente mientras se mantiene la temperatura del fluido de reacción a temperatura ambiente, o como alternativa, enfriar el fluido de reacción mientras se mantiene el fluido de confinamiento a temperatura ambiente. En una configuración alternativa en la que se crea una presión negativa en la salida 44, el elemento etiquetado con 62 en la Figura podría ser reemplazado por un dispositivo de calentamiento o enfriamiento que solo permita que los fluidos (por ejemplo, aire) sean arrastrados a través y hacia el segundo dispositivo de flujo de fluido 16 a través de la entrada 40. 50 55 60

65 Durante su uso, el distribuidor de líquido 12 funciona y produce una corriente colimada de gotas. En este ejemplo, el distribuidor de líquido 12 produce una única corriente de gotas. La boquilla 25 distribuye gotas dentro del conducto 26

del primer dispositivo de flujo de fluido 14, con lo que un movimiento de aire (o un flujo/corriente de aire) producido usando la bomba 58 crea un flujo de aire preventivo que permite que la corriente de gotas se mueva generalmente a lo largo de una trayectoria que impide que las gotas interactúen (es decir, se adhieran) con una superficie interior del conducto 26 del primer dispositivo de flujo de fluido 14. La corriente de aire permite también que las gotas se estabilicen después de salir del distribuidor. La corriente de gotas sale de la abertura 34 del primer dispositivo de flujo de fluido 14, entra en el conducto 36 del segundo dispositivo de flujo de fluido 16 y continúa moviéndose a lo largo de una trayectoria similar dentro del flujo de aire que se proporciona por el primer dispositivo de flujo de fluido 14 y el segundo dispositivo de flujo de fluido 16, con lo que un movimiento de aire (o un flujo/corriente de aire) producido usando la bomba 62 crea un flujo/corriente de aire de reacción que reacciona con las gotas. En este ejemplo, el flujo de aire de reacción es un flujo de aire a una temperatura mayor que la temperatura ambiente que seca las gotas para formar polvo. La primera y segunda corrientes de aire se mezclarán por difusión, por ejemplo, de tal forma que la corriente de aire combinada secará las gotas para formar partículas/cápsulas, o colectivamente un polvo, que se recogen en la abertura 44. Por ejemplo, el polvo se puede recoger usando diferentes tipos de depósitos, ciclones y/o filtros.

A continuación se describen dos ejemplos específicos usando el aparato 10 descrito en asociación con las Figuras 2, 3 y 4.

En el ejemplo uno, una solución de Shellac (15 % p/v) se distribuye desde una sola boquilla del distribuidor de fluido 12 a un caudal volumétrico de 30 ml/h (es decir,  $8,333 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3/\text{s}$ ) usando la bomba 54, y una fase portadora se introduce a una presión de 90 mbar usando el compresor 50. La velocidad de las gotas que excitan el distribuidor de fluido 12 es de 100 m/s y las gotas tienen un diámetro de  $80 \mu\text{m}$  (+/- 5  $\mu\text{m}$ ). El flujo de aire del segundo dispositivo de flujo de fluido 16, producido por el compresor 62, se encuentra a un caudal volumétrico de 320 L/min (es decir,  $0,0053 \text{ m}^3/\text{s}$ ) a una temperatura de  $78,5 \text{ }^\circ\text{C}$ , lo que equivale a un número de Reynolds de 2.182 (es decir, el flujo es laminar). El flujo de aire desde el primer dispositivo 14 de prevención de flujo de fluido, producido por el compresor 58, se encuentra a un caudal volumétrico de 60 L/min (es decir,  $0,001 \text{ m}^3/\text{s}$ ) a temperatura ambiente, lo que equivale a un número de Reynolds de 1.150 (es decir, el flujo es laminar). En el ejemplo uno, la boquilla 25 del distribuidor de fluido 12 termina a una distancia de 10 mm desde la abertura o salida de fluido 34 del primer dispositivo de flujo de fluido 14. El aparato 10 se opera de acuerdo con el ejemplo uno, partículas secas producidas con un rendimiento del 90 %. Se observa que se producen partículas, puesto que solo se ha distribuido un único líquido desde el distribuidor de líquido 12.

En el ejemplo dos, una solución de Shellac (10 % p/v) se distribuye desde una sola boquilla concéntrica del distribuidor de fluido 12 a un caudal volumétrico de 30 ml/h (es decir, aproximadamente  $8,333 \cdot 10^{-9} \text{ metro}^3/\text{s}$ ) usando la bomba 54, y se introduce una fase portadora a una presión de 90 mbar usando el compresor 50. En el ejemplo dos, el Shellac es un líquido de cubierta y el agua se distribuye como líquido núcleo a un caudal volumétrico de 1 ml/h (es decir, aproximadamente  $2,77 \cdot 10^{-10} \text{ m}^3/\text{s}$ ). La velocidad de las gotas que excitan el distribuidor de fluido 12 es de 100 m/s y las gotas tienen un diámetro de  $80 \mu\text{m}$  (+/- 5  $\mu\text{m}$ ). El flujo de aire del segundo dispositivo de flujo de fluido 16, producido por el compresor 62, se encuentra a un caudal volumétrico de 80 L/min (es decir, aproximadamente  $0,0013 \text{ m}^3/\text{s}$ ) a una temperatura de  $70 \text{ }^\circ\text{C}$  a  $75 \text{ }^\circ\text{C}$ , lo que equivale a un número de Reynolds de 1.982 (es decir, el flujo es laminar). El flujo de aire desde el primer dispositivo 14 de prevención de flujo de fluido, producido por el compresor 58, se encuentra a un caudal volumétrico de 8 L/min (es decir, aproximadamente  $0,00013 \text{ m}^3/\text{s}$ ) a temperatura ambiente, lo que equivale a un número de Reynolds de 543 (es decir, el flujo es laminar). En el ejemplo dos, la boquilla 25 del distribuidor de fluido 12 termina a una distancia de 10 mm desde la abertura 34 del primer dispositivo de flujo de fluido 14. Es decir que la distancia recorrida por las gotas dispensadas es de 10 mm dentro del primer dispositivo de flujo de fluido 14. Durante el funcionamiento, el aparato 10, operado de acuerdo con el ejemplo dos, partículas secas y monodispersas producidas. Se entenderá que, como el fluido en el núcleo es solo agua en este ejemplo, el agua se evapora y se seca. Por lo tanto, nada queda retenido en el núcleo y la gota seca final es como una partícula sin núcleo. Esto contrasta con una cápsula que incluye un material de núcleo.

El solicitante ha determinado que la velocidad del fluido de confinamiento en el aparato 10 de tal forma que al menos el 99,5 % de las gotas producidas usando el distribuidor de líquido 12 son recuperables y pueden pasar al segundo dispositivo de flujo de fluido de reacción 16, (0,5 % de las gotas se adhieren a las paredes internas del primer dispositivo de flujo de fluido 14 o se aglomeran, por ejemplo) se expresa de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$U_{min} \geq k \left( \frac{\mu_g^2 H^3}{\rho_g^2 D_1^5} \right)^{1/2}$$

en la que  $U_{min}$  es la velocidad del fluido de confinamiento,  $k$  es una constante en el intervalo de 0,2 a 2,0 e incluye 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 1,9; 2,0 al menos,  $\mu_g$  es la viscosidad del fluido alimentado por el compresor 58 (es decir, la viscosidad del fluido de confinamiento),  $H$  es la distancia entre una salida o boquilla de líquido 25 del distribuidor de líquido 12 y una salida de fluido 34 del primer dispositivo de flujo de fluido 14,  $\rho_g$  es la densidad del fluido de confinamiento y  $D_1$  es el diámetro externo del distribuidor de líquido 12.

Además, para lograr el flujo laminar en el primer dispositivo de flujo de fluido, de confinamiento 14, el número de Reynolds debe ser menor que  $4 \cdot 10^3$ , en el que el número de Reynolds es proporcionado por la siguiente expresión

conocida:

$$4 \cdot 10^3 \geq \frac{\rho_g U D_3}{\mu_g}$$

5 en la que  $U$  es la velocidad del fluido de confinamiento y  $D_3$  es el diámetro interno del primer dispositivo de flujo de fluido. Por consiguiente, la velocidad del fluido de confinamiento se puede determinar dentro del intervalo de:

$$4 \cdot 10^3 \frac{\mu_g}{\rho_g D_3} \geq U \geq k \left( \frac{\mu_g^2 H^3}{\rho_g^2 D_1^5} \right)^{1/2}$$

10 En términos prácticos, la sección transversal del dispositivo de protección (es decir, el primer dispositivo de flujo de fluido) puede elegirse/diseñarse para obtener la velocidad requerida usando un caudal de aire lo más baja posible mientras se considera que el aire de confinamiento es frío y enfriará el aire de secado caliente, lo que puede disminuir su capacidad de secado y evitar la interacción de las gotas con las paredes internas del dispositivo de protección para lograr pérdidas inferiores al 0,5 %.

15 La Figura 5 ilustra dos imágenes de gotas. En la imagen superior, se ilustran gotas polidispersas y aglomeradas que pueden producirse usando el sistema conocido ilustrado en la Figura 1, por ejemplo. Las gotas pueden haberse aglomerado poco después de salir del distribuidor de fluido 2. En la imagen inferior, se ilustran gotas secas y monodispersas que se forman a partir de gotas de núcleo-cubierta distribuidas de acuerdo con el ejemplo dos descrito anteriormente.

20 La Figura 6 ilustra una sección transversal parcial a través del aparato ilustrado en las Figuras 2, 3 y 4. En particular, una sección transversal a través del conducto alargado 36 del segundo dispositivo de flujo de fluido 16, el conducto alargado 26 del primer dispositivo de flujo de fluido 14 y el distribuidor de fluido 12. La Figura ilustra esquemáticamente el flujo de fluido de cada uno de los dispositivos y cómo interactúa. Como puede verse a partir de la Figura, el fluido que sale del distribuidor de fluido 12 viaja a una velocidad diferente al flujo de fluido desde el primer dispositivo de flujo de fluido 14, de modo que pueda haber cizallamiento cuando los dos fluidos se encuentran, lo que puede causar turbulencia local. Sin embargo, el primer dispositivo de flujo de fluido 14 está dimensionado para evitar cualquier perturbación en la corriente de gotas que sale del distribuidor de fluido 12. De forma similar, el fluido que sale del primer dispositivo de fluido 14 viaja normalmente a una velocidad diferente de la del flujo de fluido que sale del segundo dispositivo de flujo de fluido 16, de modo que pueda haber fuerzas de cizallamiento cuando los dos fluidos se encuentran, lo que puede causar turbulencia local. Cualquier perturbación entre el primero y el segundo flujos de fluido (es decir, el de confinamiento y el de reacción) es menos significativo que cualquier perturbación entre las gotas que salen del fluido distribuido 2 y el primer flujo de fluido, puesto que una vez que las gotas han salido del primer flujo de fluido hacia el segundo flujo de fluido, ya están normalmente estabilizadas. Una vez que el primer flujo de fluido (confinamiento) ha salido del primer dispositivo de flujo 14 hacia el segundo flujo de fluido (reacción), los dos fluidos se mezclarán gradualmente por difusión a medida que los fluidos fluyan de izquierda a derecha en la orientación que se muestra en la Figura, de tal forma que el aumento de la temperatura del segundo flujo de fluido aumentará efectivamente la temperatura del primer flujo de fluido y secará las gotas para formar un polvo.

40 La Figura 7 ilustra una sección transversal a través de una boquilla de concentración de flujo de acuerdo con una segunda realización de la invención. La boquilla ilustrada en la Figura 7 forma el extremo distal del distribuidor de líquido 12 ilustrado en las Figuras 2 y 3. A este respecto, el conducto 24 forma el canal o conducto externo de la boquilla. La boquilla está dispuesta concéntricamente e incluye un primer canal interno o paso de fluido 51 (es decir, un distribuidor de fluido externo) dispuesto concéntricamente dentro del conducto 24 y un segundo canal interno o paso de fluido 53 (es decir, un distribuidor de fluido interno) dispuesto concéntricamente dentro del primer canal interno 51. Aunque no se ilustra en la Figura 7, el canal o ducto formado entre el ducto 24 y el primer canal interno 51 está acoplado a la entrada de fluido 22 ilustrada en las Figuras 2, 3 y 4 para alimentar un fluido portador 59, el canal o ducto formado entre el primer canal interno 51 y el segundo canal interno 53 está acoplado a la segunda entrada de fluido 20 ilustrada en las Figuras 2, 3 y 4 para alimentar un fluido de gotas de cubierta 55, y el segundo canal interno 53 está acoplado a la primera entrada de fluido 18 ilustrada en las Figuras 2, 3 y 4 para alimentar un fluido de gotas de núcleo 57. Cada uno del primer y segundo ductos internos 51, 53 terminan dentro del ducto 24 de forma que el fluido que sale de estos ductos internos interactúa con el fluido portador 59 dentro del ducto 24. La boquilla, el orificio o salida 25 permite el paso del fluido de núcleo-cubierta combinado 57, 55 y el fluido portador 59 fuera del dispositivo primero como una corriente, que posteriormente forma gotas 61. Se apreciará que la primera pared interior 51 es opcional, y no se usa normalmente si se usa un solo fluido para generar las gotas (es decir, las gotas generadas no son de tipo núcleo-cubierta). Cada uno de los fluidos 55, 57, 59 ilustrados en la Figura 7 puede ser un gas o un líquido.

60 Durante el funcionamiento, el fluido se alimenta a cada una de las entradas de fluido y viaja a lo largo de cada ducto respectivo hasta el orificio 25. A medida que los fluidos 55, 57 salen del primer y segundo ductos internos 51, 53, generalmente no se mezclan, de modo que el primer fluido 55 forme una cubierta externa para el segundo fluido 57. El fluido portador 59 acelera el primer y segundo fluidos 55, 57 para generar un haz de gotas monodispersas.

El solicitante ha determinado que un flujo de gotas colimado que tiene una desviación estándar geométrica de salida de gotas del flujo de gotas colimado (es decir, una medida de la dispersión de las gotas con respecto a la corriente de gotas) de menos de 1,6 se puede lograr con una boquilla configurada de acuerdo con la expresión:

$$5 \quad \left( \frac{D^2 \Delta P^2 \rho_l^2 Q_l}{\sigma \mu_l^3} \right)^{1/4} \leq \frac{1 + 0,5 \left( \frac{\rho_l}{\rho_d} \right)}{1 + 0,018 \left( \frac{\mu_l}{\mu_d} \right)}$$

en el que  $D$  es el diámetro nominal del orificio de descarga (es decir, el orificio 25),  $\Delta P$  es la presión del fluido portador,  $\rho_l$  es la densidad del fluido que se distribuye,  $Q_l$  es el caudal del fluido que se distribuye desde el primer dispositivo de distribución de fluido,  $\sigma$  es la tensión superficial entre el fluido distribuido y el fluido portador,  $\rho_d$  es la densidad del fluido portador, y  $\mu_d$  es la viscosidad del fluido portador. En la boquilla ilustrada en la Figura 7, se usan dos fluidos para formar una gota de tipo núcleo-cubierta. En este caso, la densidad del fluido distribuido ( $\rho_l$ ) se considera la mayor densidad de los dos fluidos que se distribuyen. En la boquilla ilustrada en la Figura 7, se distribuyen dos fluidos 55, 57 para formar gotas de núcleo-cubierta, de tal forma que los valores de densidad y viscosidad (es decir,  $\rho_d$  y  $\mu_d$ ) son normalmente del fluido distribuido con la mayor velocidad de fluido, que es normalmente el fluido de formación de cubierta 55.

Preferentemente, se puede lograr una desviación estándar geométrica de la salida de gotas de la corriente colimada de gotas de menos de 1,4, y más preferentemente de menos de 1,3 usando una boquilla configurada de acuerdo con la expresión anterior. El ángulo del fluido distribuido desde una boquilla (ángulo 63 ilustrado en la Figura 7) es preferentemente menor o igual a 5 grados.

La Figura 8 ilustra un aparato 70 para el secado por pulverización de acuerdo con una segunda realización de la invención. El aparato 70 es similar al aparato 10 en que incluye el mismo segundo dispositivo de flujo 16. El aparato 70 incluye también un primer dispositivo de flujo de fluido 14' similar al descrito en asociación con el aparato 10, excepto que la abertura 74 del primer dispositivo de flujo de fluido 14' es mayor que la abertura 32 del primer dispositivo de flujo de fluido 14 para alojar un dispositivo de distribución de fluido o un distribuidor de fluido más grande 72. El dispositivo de distribución de fluido 72 tiene un diámetro mayor que el distribuidor de fluido 12, puesto que incluye múltiples boquillas para producir múltiples flujos de gotas, tal y como se describe en asociación con la Figura 10. El aparato 70 funciona de la misma forma que el aparato 10, a excepción del distribuidor de fluido 72, que se describe en asociación con la Figura 10.

El aparato 70 ilustrado en la Figura 8 incluye un dispositivo de distribución multiboquilla 72. Usando la expresión para un dispositivo de distribución de boquilla simple presentado anteriormente, es posible predecir la velocidad del fluido de confinamiento requerido en un dispositivo de distribución multiboquilla para recuperar al menos el 99,5 % de las gotas producidas usando el dispositivo de distribución multiboquilla. Esto se hace reemplazando el valor de  $H$  en la expresión presentada anteriormente con la expresión  $H/(1-D_2/D_3)$ , en la que  $H$  es la distancia entre una salida o boquilla de líquido del distribuidor de líquido 72 y una salida de fluido del primer dispositivo de flujo de fluido 14',  $D_2$  es el diámetro más pequeño de un círculo virtual que contiene los centros de los orificios/salidas de descarga de las boquillas en el dispositivo de distribución multiboquilla 72 y  $D_3$  es el diámetro interno del primer dispositivo de flujo de fluido 14'. Se obtiene la siguiente expresión:

$$40 \quad U_{min} \geq k \left( \frac{\mu_g^2 H^3}{\rho_g^2 D_1^5 (1 - D_2/D_3)^3} \right)^{1/2}$$

en la que  $U_{min}$  es la velocidad del fluido de confinamiento,  $k$  es una constante en el intervalo de 0,2 a 2,0 e incluye 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 1,9; 2,0 al menos,  $\mu_g$  es la viscosidad del fluido de confinamiento,  $H$  es la distancia entre una salida o boquilla de líquido del dispositivo de distribución multiboquilla 72 y una salida de fluido del primer dispositivo de flujo de fluido 14',  $\rho_g$  es la densidad del fluido de confinamiento,  $D_1$  es el diámetro externo del distribuidor de líquido multiboquilla 72,  $D_2$  es el diámetro más pequeño de un círculo virtual que contiene los centros de los orificios/salidas de descarga de las boquillas en el dispositivo de distribución multiboquilla 72 y  $D_3$  es el diámetro interno del primer dispositivo de flujo de fluido 14'.

A continuación se describe un ejemplo específico usando el aparato 70 descrito en asociación con la Figura 8.

En el ejemplo tres, se distribuye una solución de goma arábica (10% p/v) desde una multiboquilla que incluye 8 boquillas del distribuidor de fluido 72 a un caudal volumétrico de 30 ml/h por boquilla (es decir, aproximadamente  $8,333 \times 10^{-9} \text{ m}^3/\text{s}$ ), y se introduce una fase portadora a una presión de 85 mbar. Las gotas tienen un diámetro de 82  $\mu\text{m}$  (+/- 5  $\mu\text{m}$ ). El flujo de aire del segundo dispositivo de flujo de fluido 16 está a un caudal volumétrico de 550 L/min (es decir, aproximadamente  $0,0092 \text{ m}^3/\text{s}$ ) a una temperatura de 70 °C a 75 °C, lo que equivale a un número de Reynolds de 4.330 (es decir, el flujo NO es laminar). El flujo de aire del primer o dispositivo de flujo de fluido de prevención 14' se encuentra a un caudal volumétrico de 50 L/min (es decir, aproximadamente  $0,00083 \text{ m}^3/\text{s}$ ) a temperatura ambiente, lo que equivale a un número de Reynolds de 982 (es decir, el flujo es laminar). En el ejemplo tres, las boquillas 25 del



distribuidor de fluido 72 terminan a una distancia de 10 mm desde la abertura del primer dispositivo de flujo de fluido 14'. Es decir que la distancia recorrida por las gotas dispensadas es de 10 mm dentro del primer dispositivo de flujo de fluido 14'. El primer dispositivo fluido 14' tiene un diámetro de 60 mm. Durante el funcionamiento, el aparato 70, es operado de acuerdo con el ejemplo tres, partículas secas y monodispersas producidas.

5 La Figura 9 ilustra un aparato 80 para el secado por pulverización de acuerdo con una tercera realización de la invención. El aparato 80 es similar al aparato 70 e incluye cuatro dispositivos de flujo de fluido 14', cada uno con un distribuidor de fluido 72. El segundo dispositivo de flujo de fluido 16' es también similar al segundo dispositivo de flujo de fluido 16 del aparato 10, pero como puede verse, tiene un diámetro mayor e incluye cuatro aberturas 82 para alojar los cuatro dispositivos de flujo de fluido 14'. El dispositivo de distribución de fluido 72 se describe en asociación con la Figura 10. El aparato 80 funciona de la misma forma que el aparato 70.

10 La Figura 10 ilustra un distribuidor de fluido multiboquilla 72 que se puede usar con la segunda y tercera realizaciones de la invención. El distribuidor de fluido multiboquilla 72 incluye 8 boquillas 25 en este ejemplo. Cada una de las boquillas 25 incluye un ducto asociado 24, primer canal interno 51 y segundo canal interno 53, como se ilustra en la Figura 7. Estos no se ilustran en la Figura 10 por simplicidad. Cada uno de los ductos para cada boquilla está también acoplado a un compresor o bomba asociada. Se apreciará que el mismo compresor/bomba puede alimentar todos los ductos respectivos 24, primeros canales internos 51 y segundos canales internos 53 dependiendo del tipo de gotas que se forman.

15 Se apreciará que las dimensiones proporcionadas para el aparato descrito en el presente documento son solo ejemplos y no deben considerarse como limitantes del alcance de la invención. A este respecto, el diámetro externo del distribuidor de fluido puede variar de 5 a 100 mm. Además, el diámetro interno del primer dispositivo de flujo de fluido puede variar de 5,5 mm a 1000 mm y el diámetro interno del segundo dispositivo de flujo de fluido puede variar de 50 mm a 2000. Además, la relación entre el diámetro externo del distribuidor de fluido y el diámetro interno del primer dispositivo de flujo de fluido es de 1:1,1 a 1:100. Se observa que los valores de densidad y viscosidad mencionados en el presente documento son con respecto a la temperatura ambiente (es decir, 20 °C a 26 °C). La viscosidad mencionada en el presente documento es una viscosidad dinámica, y los valores de densidad y viscosidad mencionados en el presente documento se han determinado utilizando el método de prueba estándar para viscosidad dinámica y densidad de líquidos por el viscosímetro Stabinger, por ejemplo, de acuerdo con las normas ASTM.

20 Los ejemplos se ilustran normalmente en una orientación vertical de forma que las gotas se introducen en la parte superior y salen por la parte inferior del aparato. Esta es la orientación normal del aparato durante su uso.

25 En los ejemplos descritos en el presente documento, el dispositivo de flujo de confinamiento es un único conducto alargado. Sin embargo, esto se puede aumentar para incluir múltiples conductos alargados dispuestos concéntricamente. Los múltiples conductos alargados tendrán también diferentes longitudes, de tal forma que el conducto más corto terminará dentro del siguiente conducto más largo y así sucesivamente. Por tanto, se logra un dispositivo de confinamiento anidado o telescópico.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato (10,70,80) para generar gotas, el aparato (10,70,80) comprende:  
 un distribuidor de líquido (12,72) que comprende una salida de líquido (25) adaptada para generar una corriente de gotas colimadas,  
 un primer dispositivo de flujo de fluido (14,14') configurado para generar un flujo de fluido de confinamiento para confinar una trayectoria de la corriente de gotas en su interior, comprendiendo el primer dispositivo de flujo de fluido (14,14') una salida (34) dispuesta para permitir que la corriente de gotas salga del mismo; y que comprende, además, un primer conducto (26) donde la salida de líquido (25) está dispuesta para dispensar gotas dentro del primer conducto (26) del primer dispositivo de flujo (14,14'),  
 un segundo dispositivo de flujo de fluido (16,16') configurado para generar un flujo de fluido de reacción para reaccionar con gotas en la corriente de gotas, el segundo dispositivo de flujo de fluido (16,16') comprende un segundo conducto (36) y el primer dispositivo de flujo de fluido (14,14') está dispuesto dentro del segundo dispositivo de flujo de fluido (16,16') de modo que la corriente de gotas sale por el segundo conducto (36) del segundo dispositivo de flujo fluido (16,16').
2. El aparato (10,70,80) de la reivindicación 1, en el que el distribuidor de líquido (12,72) está dispuesto concéntricamente dentro del primer dispositivo de flujo de fluido (14, 14'), y/o el primer dispositivo de flujo de fluido (14,14') está dispuesto concéntricamente dentro del segundo dispositivo de flujo de fluido (16, 16').
3. El aparato (10,70,80) de la reivindicación 1 o reivindicación 2, en el que cada uno del fluido de confinamiento y/o el fluido de reacción es aire.
4. El aparato (10,70,80) de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el primer (14,14') y/o segundo (16,16') dispositivos de flujo de fluido comprenden un conducto alargado (24 ,26), y el conducto alargado (24, 26) puede ser circular.
5. El aparato (10,70,80) de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la salida de líquido (25) comprende una pluralidad de boquillas, cada una configurada para generar un flujo de gotas.
6. El aparato (10,70,80) de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el distribuidor de líquido (12, 72) está configurado para generar la corriente de gotas usando la concentración de flujo.
7. El aparato (10,70,80) de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer dispositivo de flujo de fluido (14,14') está dimensionado para producir un flujo de fluido laminar.
8. Un sistema que comprende el aparato de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 y un primer dispositivo de generación de flujo de fluido acoplado al primer dispositivo de flujo de fluido (14,14') y configurado para proporcionar el fluido de confinamiento al primer dispositivo de flujo de fluido (14,14').
9. Un método de generación de gotas usando un aparato de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 8, el método comprende:  
 generar una corriente de gotas desde un distribuidor de líquido (12,72);  
 generar un flujo de fluido de confinamiento dentro de un primer dispositivo de flujo de fluido (14,14') para confinar la trayectoria de la corriente de gotas, en el que la corriente de gotas se genera dentro del flujo de fluido de confinamiento y sale de una salida (34) del primer dispositivo de flujo de fluido (14,14'); y  
 generar un flujo de fluido de reacción dentro de un segundo dispositivo de flujo de fluido (16,16') para reaccionar con gotas en la corriente de gotas, en el que el flujo de fluido de confinamiento se genera dentro del flujo de fluido de reacción.
10. El método de la reivindicación 9, en el que el flujo de fluido de reacción endurece las gotas para formar partículas y el método comprende recoger las partículas en una salida del segundo dispositivo de flujo de fluido (16,16').
11. El método de la reivindicación 9 o la reivindicación 10, en el que una velocidad mínima del flujo de fluido de confinamiento está representada por la expresión:

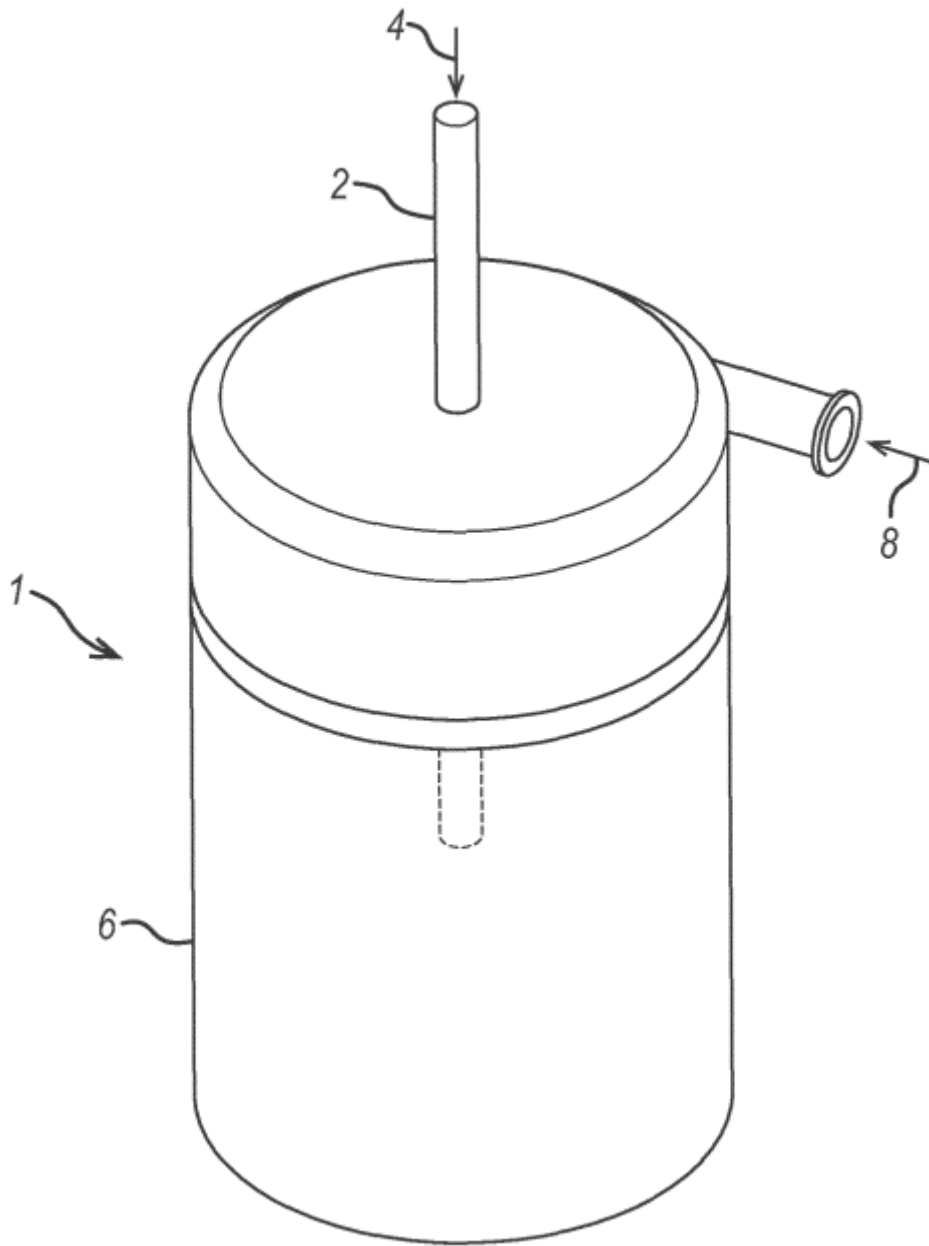
$$U_{min} \geq 0,2 \cdot \left( \frac{\mu_g^2 H^3}{\rho_g^2 D_1^5} \right)^{1/2}$$

- en los que:  $U_{min}$  es la velocidad del caudal del fluido de confinamiento;  
 $\mu_g$  es la viscosidad del fluido de confinamiento;  
 $H$  es la distancia entre la salida de líquido (25) del distribuidor de líquido (12,72) y la salida (34) del primer dispositivo de flujo de fluido (14,14');  
 $\rho_g$  es la densidad del fluido de confinamiento; y

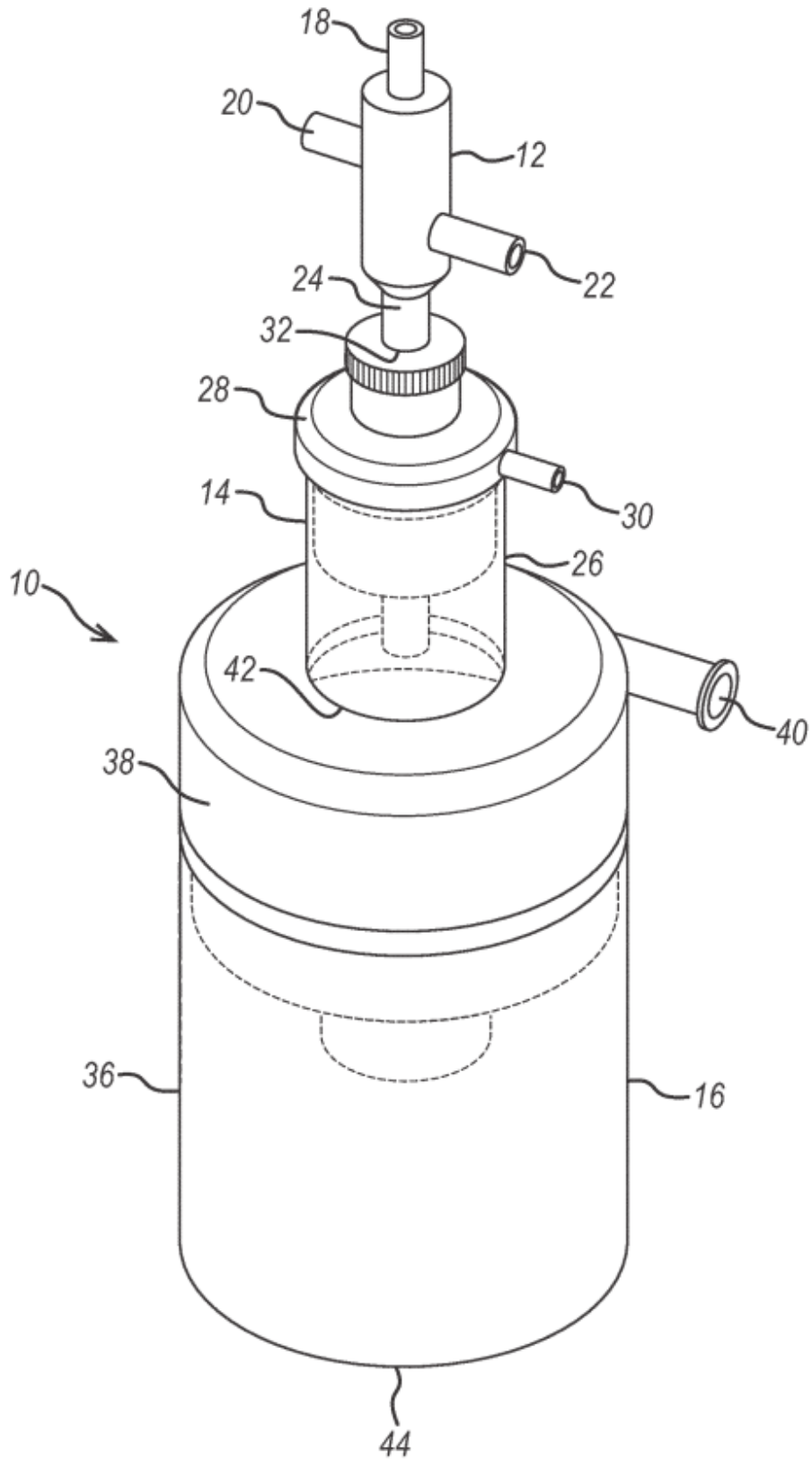
$D_1$  es el diámetro externo del distribuidor de líquido (12,72).

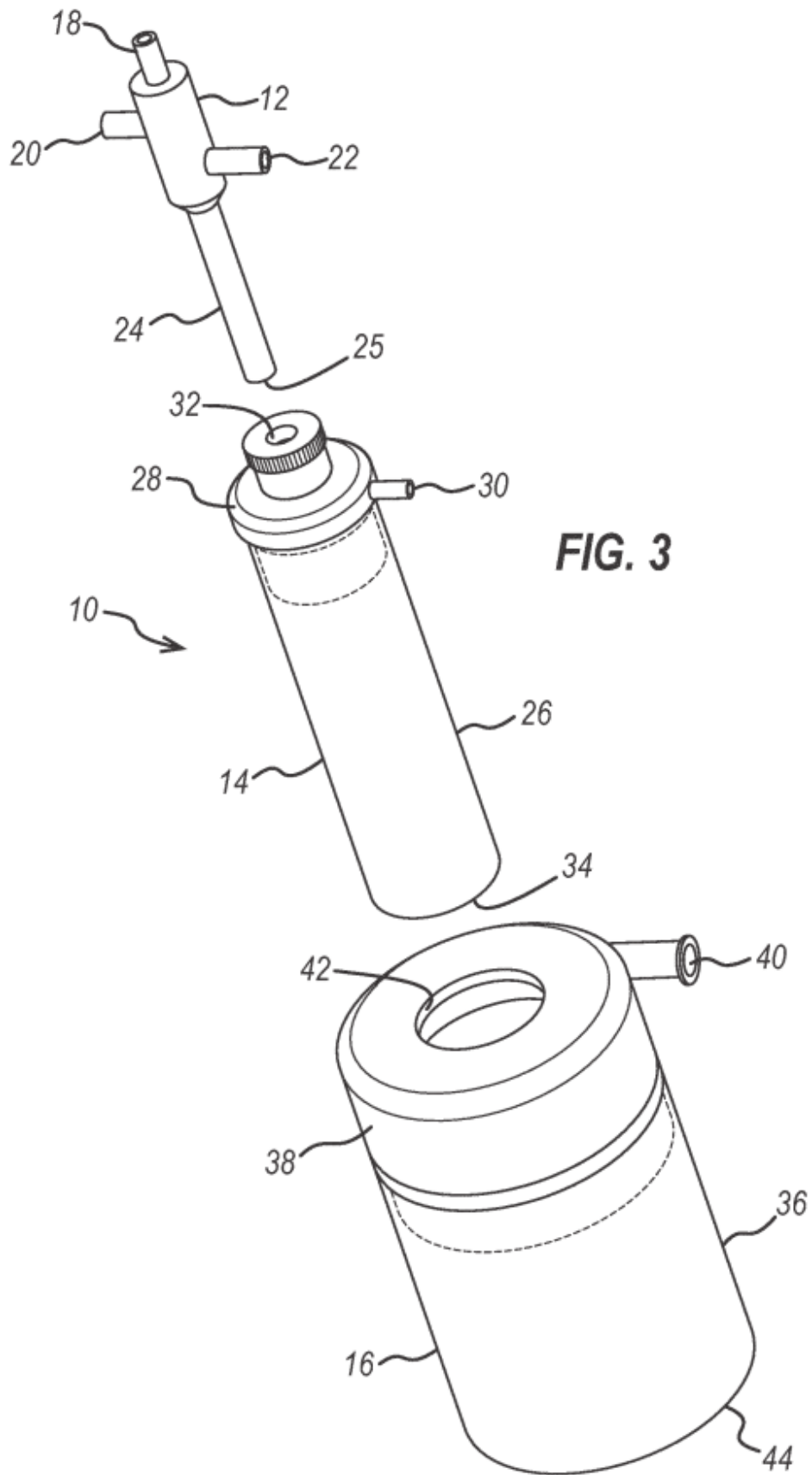
- 5
12. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 9-11, en el que la temperatura del segundo flujo de fluido es mayor que la temperatura de la corriente de gotas y/o el flujo de fluido de confinamiento.
  13. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 9-12, en el que la reacción comprende endurecer las gotas en la corriente de gotas.

**FIG. 1** (*técnica anterior*)

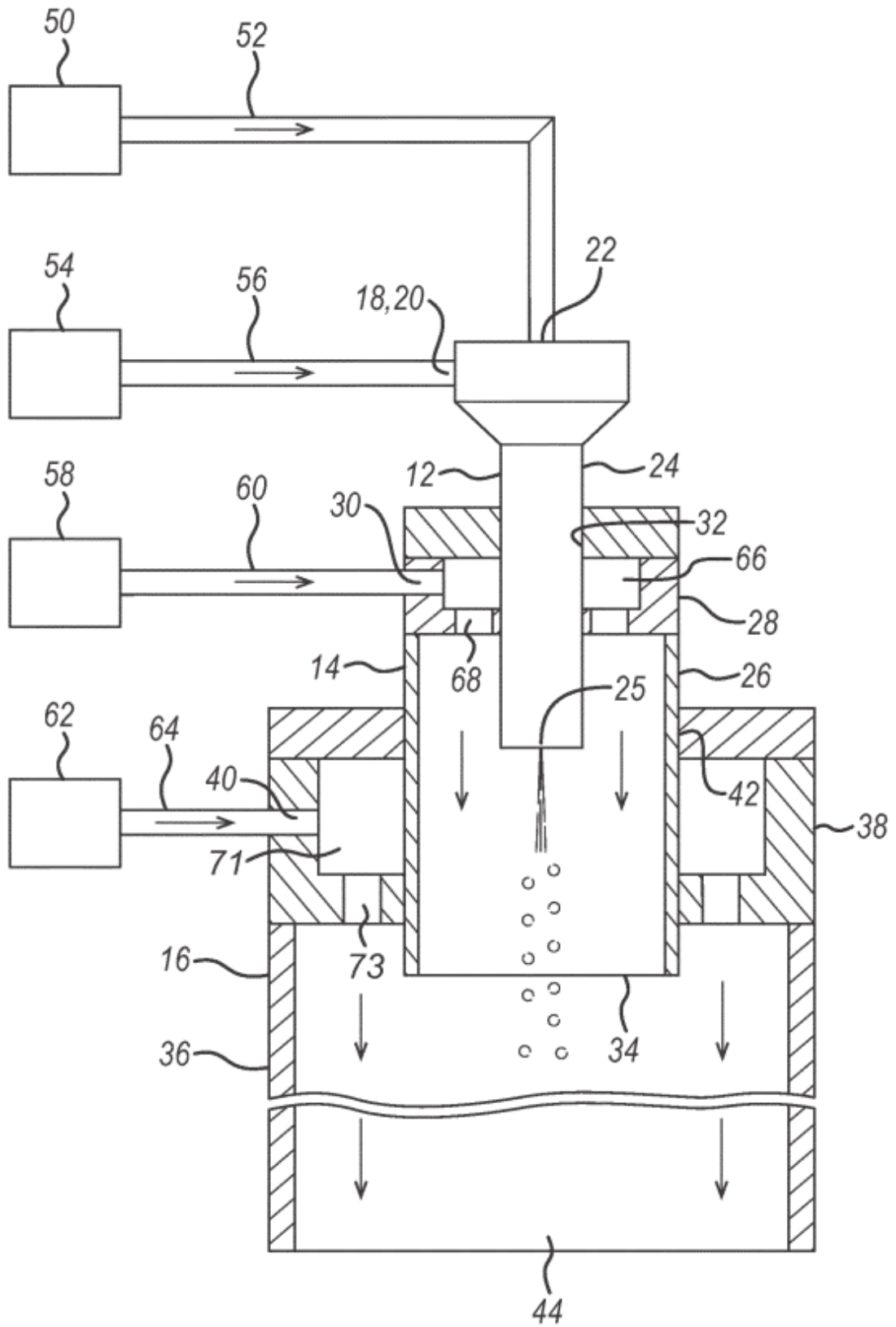


**FIG. 2**

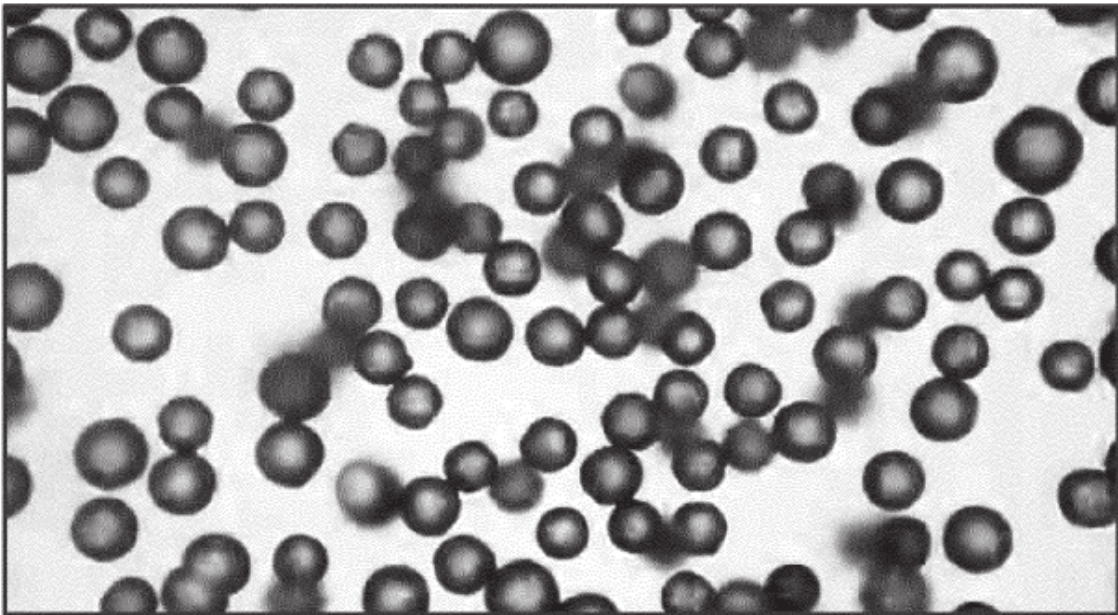
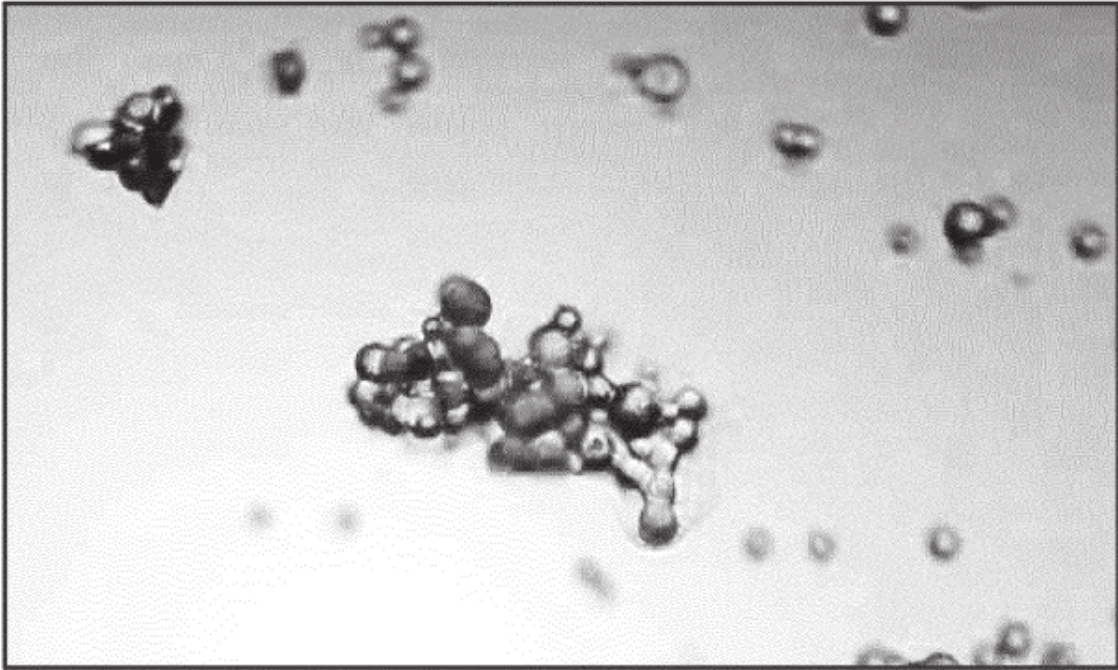




**FIG. 4**



**FIG. 5**





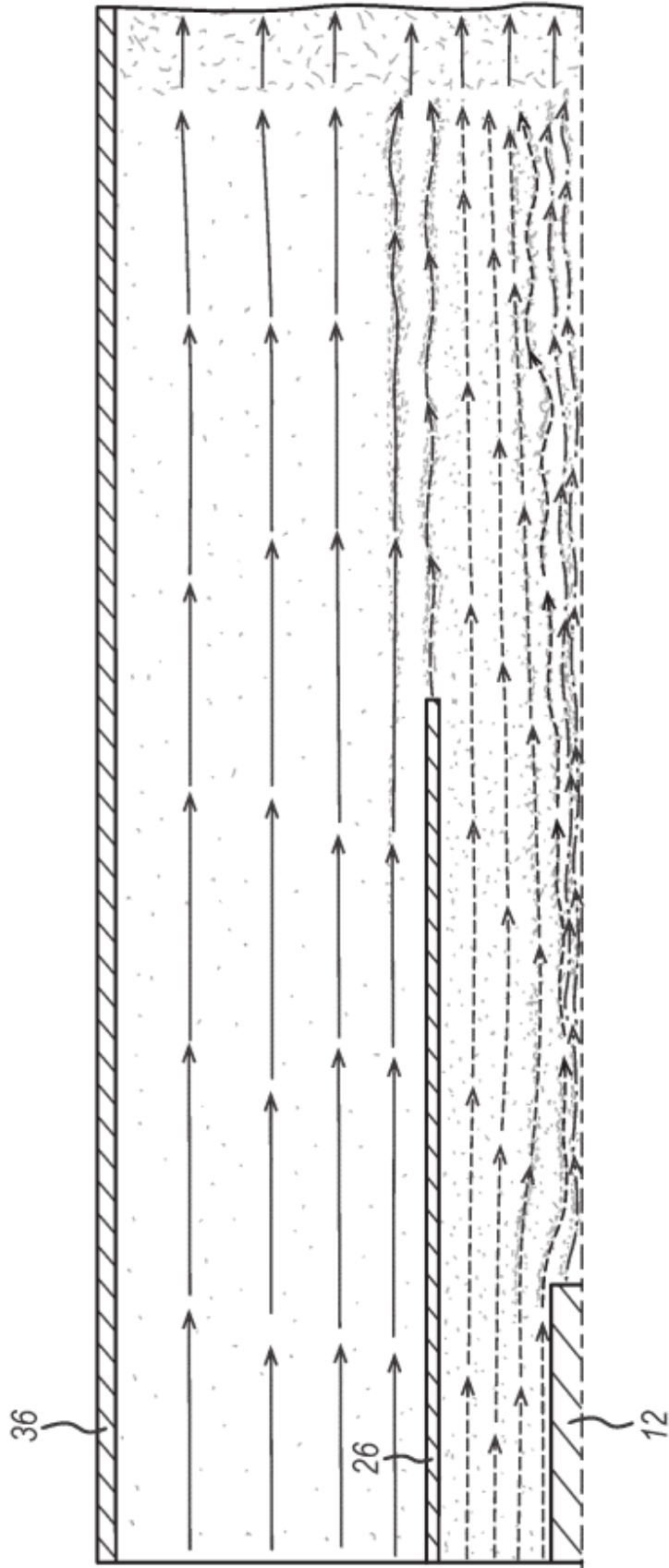
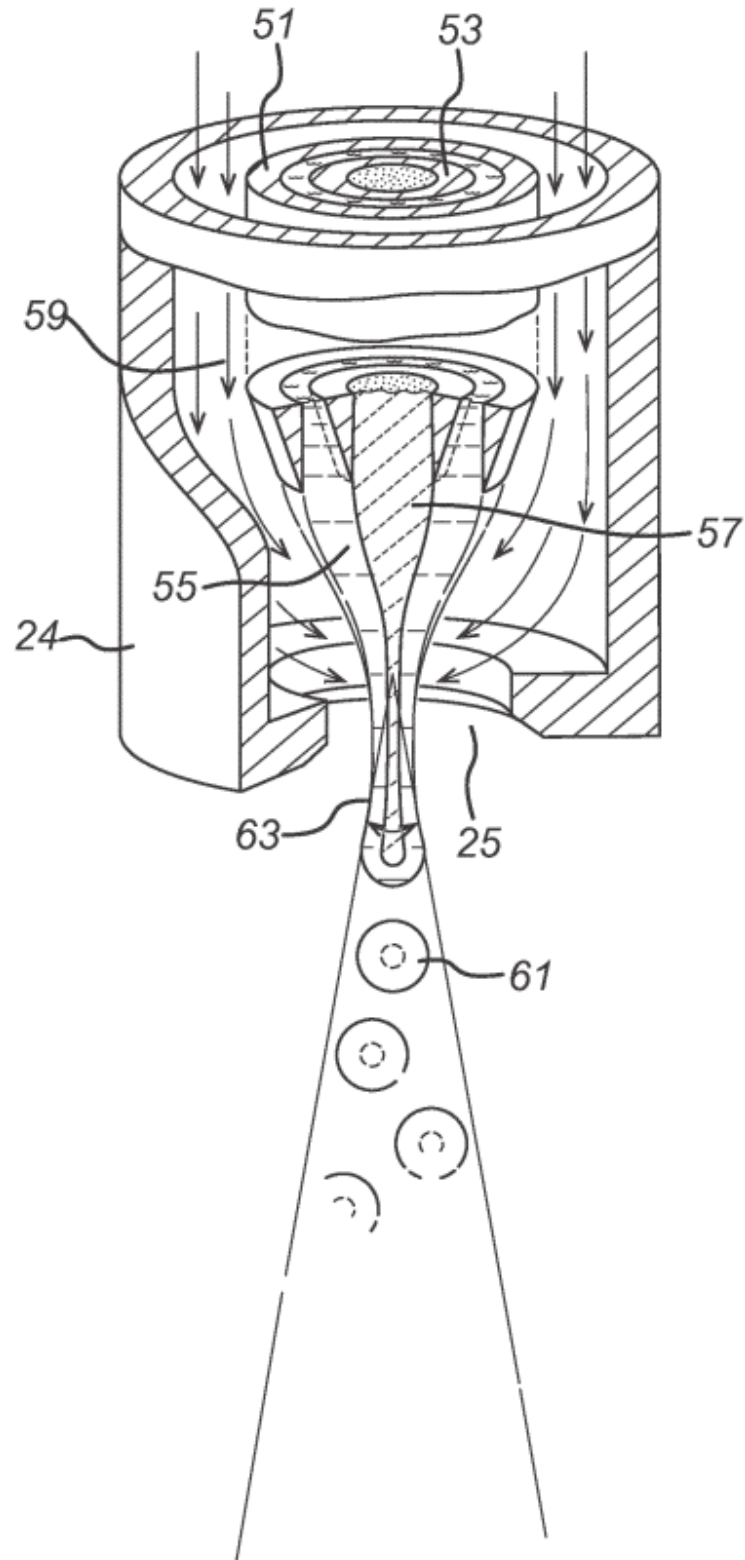
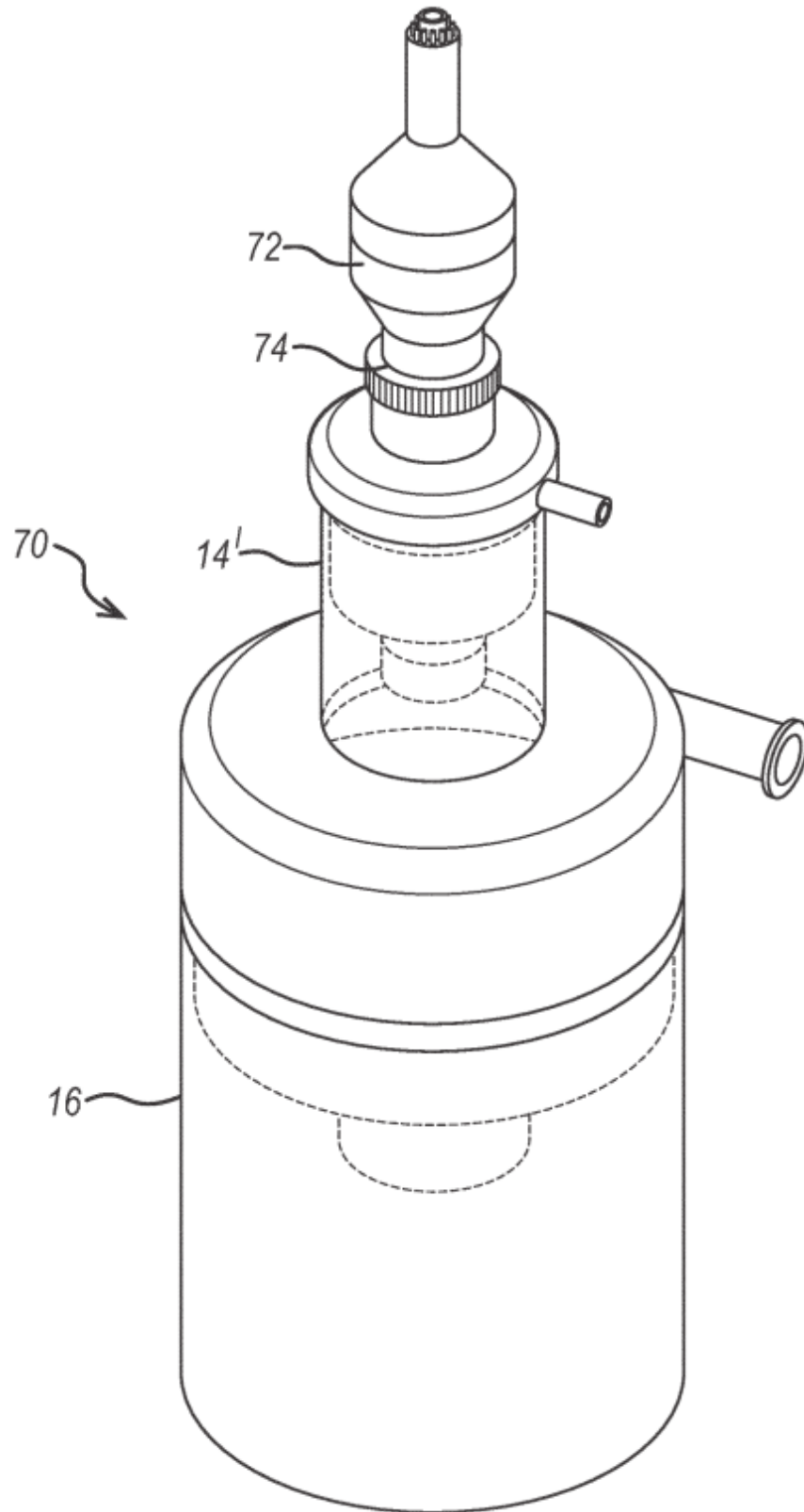


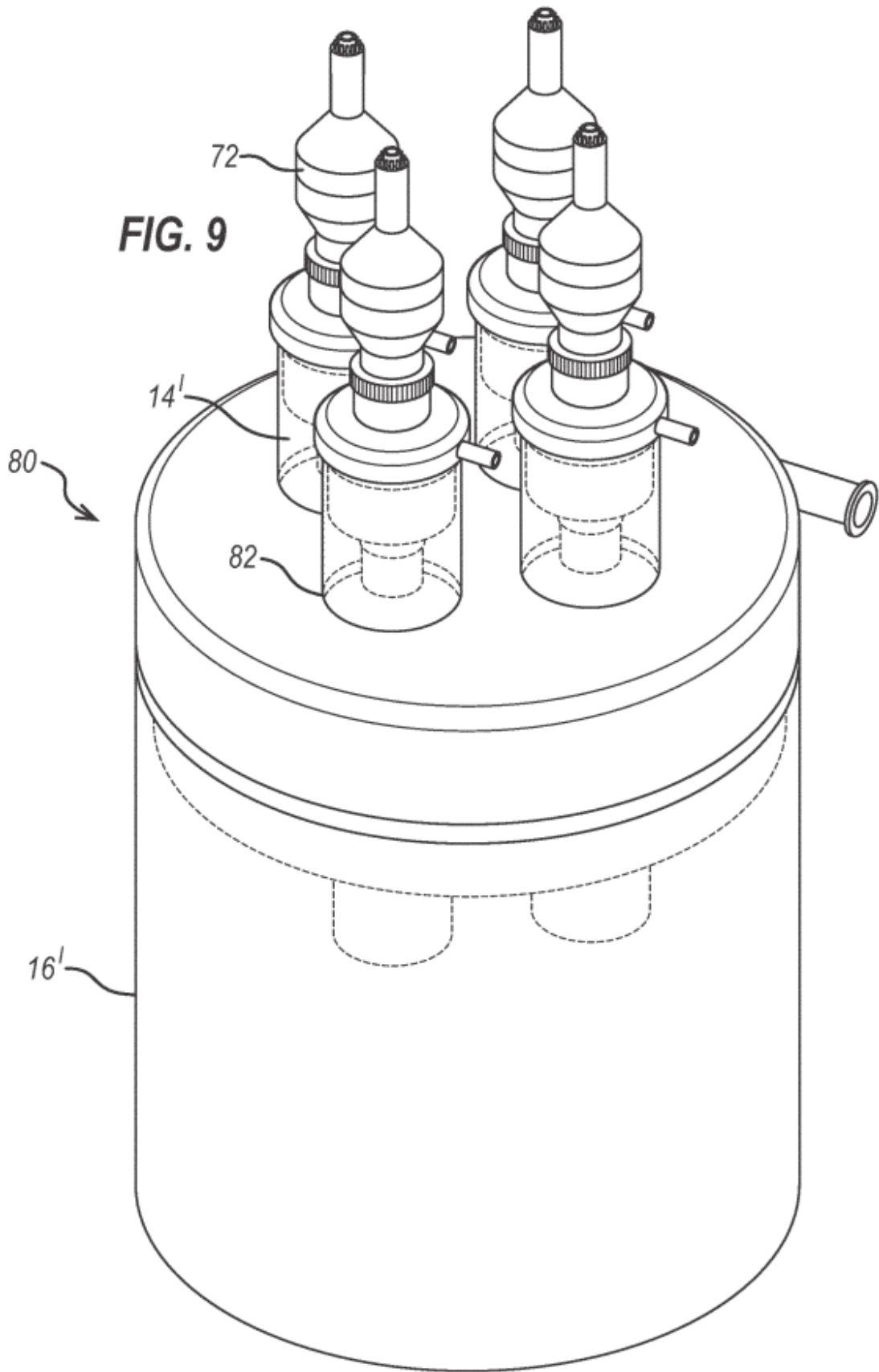
FIG. 6

**FIG. 7**



**FIG. 8**





**FIG. 10**

