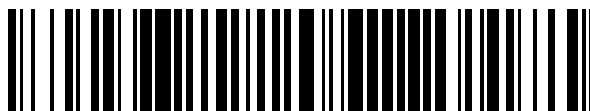


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 701 877**

51 Int. Cl.:

A23L 3/46	(2006.01)
A23L 5/00	(2006.01)
A23C 1/04	(2006.01)
B01D 1/18	(2006.01)
B05B 1/30	(2006.01)
F26B 3/12	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.12.2015 PCT/EP2015/081013**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.07.2016 WO16107795**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.12.2015 E 15817360 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.10.2018 EP 3240435**

54 Título: **Método de control del tamaño de las gotitas de pulverización de un aparato de la boquilla de pulverización para aplicaciones de secado por pulverización, el aparato de secado por pulverización y la boquilla de este**

30 Prioridad:

31.12.2014 EP 14200753

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

26.02.2019

73 Titular/es:

**NESTEC S.A. (100.0%)
Avenue Nestlé 55
1800 Vevey, CH**

72 Inventor/es:

**ERDMANN, PETER;
FANKHAUSER, PETER;
NYDEGGER, MARTIN;
SANDERS, DALE RICHARD;
STRANZINGER, MICHAEL;
SCHMIED, CHRISTIAN y
WALTHERT, GERHARD**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 701 877 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

Método de control del tamaño de las gotitas de pulverización de un aparato de la boquilla de pulverización para aplicaciones de secado por pulverización, el aparato de secado por pulverización y la boquilla de este

5 La presente invención está dirigida a un método de control del tamaño de las gotitas de pulverización de un aparato de la boquilla de pulverización. Se dirige además a un aparato de secado por pulverización y una boquilla para dicho aparato de secado por pulverización.

10 La fabricación de polvos alimentarios se realiza en gran medida por medio de secado por pulverización. Este proceso convierte emulsiones, suspensiones y dispersiones en polvo. Las boquillas de pulverización crean gotitas, que se secan en aire caliente evaporando el agua. La calidad final del polvo, la textura final del polvo, el diseño del proceso de secado, la eficiencia de secado, el comportamiento de ensuciamiento de las paredes, la seguridad operacional, por nombrar solo algunas características, están directamente vinculados a la calidad de la pulverización y de este modo, el proceso de atomización. El documento US2014/346698 describe un aparato de secado por pulverización para fluidos de alta viscosidad que comprende medios para presurizar el fluido en un depósito y/o además medios de presión variable para variar una presión cercana a las boquillas en la placa de boquillas para estimular una ruptura controlada del chorro de fluido expulsado.

20 Los procesos de secado por pulverización conocidos usan boquillas de atomización con geometrías fijas que no pueden ser ajustadas en línea a las condiciones del proceso y del producto durante el inicio, la operación de fabricación y la terminación. En cambio, los operadores cambian las geometrías de la boquilla antes del ciclo de producción sin la posibilidad de cubrir todas las situaciones de fabricación. Tales boquillas se eligen según el nivel de agua. La fabricación de polvos alimentarios pasa a viscosidades significativamente más altas en comparación con el agua. Las viscosidades de pulverización típicas se encuentran dentro de un rango comprendido entre 1 y 300 mPas. No hay ningún aparato de la boquilla conocido capaz de competir con dicha amplia gama

30 Como un ejemplo, para las emulsiones lácteas en sólidos totales de concentrado por encima de 50%, la viscosidad del concentrado aumenta en una pendiente exponencial con mayor aumento de sólidos totales. Este hecho causa problemas al secado por pulverización, si la viscosidad del concentrado excede un límite de diseño de las boquillas del atomizador. El límite de diseño se describe mediante un colapso del núcleo del aire del atomizador, lo que detiene la creación de gotitas y, de este modo, detiene el secado por pulverización y la aglomeración eficiente de los polvos con una textura requerida. Usando el aparato de la boquilla de pulverización de la técnica anterior, los colapsos del núcleo de aire dentro de las boquillas del atomizador no se pueden determinar visualmente, de este modo, actualmente no hay medios para operar el proceso de secado por pulverización en su mejor punto sin enfrentar problemas, tales como bloques de polvo en conos y ciclones, ensuciamiento de paredes o formación de barba de atomizador, por nombrar solo algunos problemas.

40 Dado que las condiciones del producto y del proceso cambian desde el inicio hasta la terminación del proceso, la calidad del producto logrado varía y la acumulación de producto puede ocurrir en la boquilla y en las paredes del equipo de secado por pulverización, en particular en las paredes de la cámara de secado, en conos de secadores por pulverización y ciclones, pero también en los conductos de transporte entre las unidades de proceso.

45 Es un primer objetivo de la presente invención superar los problemas identificados con el equipo de la técnica anterior y métodos y para permitir operar un equipo de secado por pulverización en su mejor momento y de la manera más económica, que implica poder pulverizar material con el mayor contenido posible de sólidos totales y secarlo para obtener un polvo seco teniendo el máximo contenido de sólidos totales posible, sin exceder el límite de diseño de las boquillas de los atomizadores, que es desencadenado por el colapso del núcleo de aire.

50 Es un objeto de la presente invención obtener un método de control del tamaño de las gotitas de pulverización de un aparato de la boquilla de pulverización que permite controlar el tamaño de las gotitas de pulverización durante el proceso de trabajo. Esto es particularmente útil para haber logrado una distribución de tamaño de las gotitas de pulverización objetivo, definida por el diámetro de Sauter y mantener una distribución constante de tamaño de las gotitas objetivo incluso con propiedades de producto o material cambiantes y condiciones de proceso cambiantes.

55 Este objeto se consigue mediante un método que comprende las siguientes etapas:

- a) proporcionar una pasta de un producto que se va a pulverizar con una boquilla de pulverización;
- 60 b) determinar continuamente la viscosidad de cizallamiento (η) de la pasta del producto suministrado a la boquilla de pulverización;
- c) determinar la velocidad de flujo de masa (Q_m) del producto suministrado a la boquilla de pulverización;
- 65 d) determinar la presión de pulverización (P) de la pasta del producto suministrado a la boquilla de pulverización;

e) determinar la densidad (ρ) de la pasta del producto suministrado a la boquilla de pulverización;

f) suministrar los datos obtenidos en las etapas b) a e) a un dispositivo de control que comprende un ordenador y una memoria;

5 g) calcular los datos de control para ajustar la boquilla de pulverización sobre la base de los datos obtenidos en las etapas b) a e) y en parámetros de geometría de la boquilla almacenados en la memoria;

10 h) enviar los datos de control como señales de control a un medio de control de la boquilla de pulverización y ajustar la boquilla de pulverización según lo anterior.

15 La viscosidad de cizallamiento se usa como parámetro de entrada para controlar la boquilla de pulverización. Permite el control en línea de la boquilla de pulverización y, de este modo, del tamaño de las gotitas de pulverización, a través de un criterio de estabilidad compuesto por la velocidad de flujo de masa de pulverización Q_m , la presión de pulverización P , la densidad del producto (ρ) y la viscosidad del producto (η).

Este criterio de estabilidad se asegura para operar la boquilla de pulverización dentro de los límites de diseño, evitando los colapsos del núcleo de aire en la cámara de turbulencia de la boquilla.

20 Además, una aglomeración de polvo coherente se consigue en el producto durante un ciclo de producción independiente de la cantidad total de partículas sólidas (TS) o independiente de las fluctuaciones de la velocidad de flujo de masa. Por este método, una automatización del proceso se puede lograr a través de la reproducibilidad y confiabilidad mejoradas y simplificadas de las propiedades del producto para los diferentes tipos de secado por pulverización. Un control de producción competitivo se logra mediante el método de la invención a través de un
25 diseño avanzado de las propiedades del polvo final, como la humedad del polvo, la densidad comprimida, el tamaño del aglomerado final y la estabilidad del aglomerado. Debido a la automatización también se mejora la economía de producción y la eficiencia del proceso (operación de mejor punto).

30 En una realización preferida la etapa b) de determinación continua de la viscosidad de cizallamiento (η) de la pasta del producto suministrado a la boquilla de pulverización se realiza en una derivación a la corriente de la pasta del producto a la boquilla de pulverización. La derivación tiene la ventaja de medir la viscosidad de cizallamiento independientemente de la velocidad de flujo de masa de producción para adaptarse a las condiciones de flujo laminar (en Reynolds $Re < 2300$), que permite la medición de la viscosidad de cizallamiento según el método de caída de presión diferencial.

35 Preferiblemente, la viscosidad de cizallamiento (η) de la pasta del producto se determina mediante las siguientes etapas:

40 b1) proporcionar una velocidad de flujo de alimentación constante de la pasta del producto en condiciones de flujo laminar;

b2) determinar el flujo de masa de la pasta del producto;

45 b3) suministrar la pasta del producto a un medidor de caída de presión y determinar la caída de presión;

b4) calcular de la viscosidad de cizallamiento (η) de la pasta del producto sobre la base del flujo de masa laminar determinado en la etapa b2), la caída de presión determinada en la etapa b3) y una densidad de producto conocida.

50 En el caso de que la etapa b) se lleve a cabo en una derivación, el cálculo en la etapa b4) considera también la velocidad de flujo de masa de la derivación.

Preferiblemente, la determinación de la caída de presión en la etapa b3) se lleva a cabo según el método de caída de presión diferencial.

55 Este método permite el registro en línea de viscosidades de cizallamiento del producto, por ejemplo, del café y de los productos lácteos antes de la atomización con sus características específicas del producto tales como comportamiento de flujo de alta viscosidad (1-300mPas) y fluidificación por fuerzas de cizalladura (determinación de la viscosidad (η) de la 2ª meseta newtoniana. La información de viscosidad de cizallamiento en línea es necesaria para operar la boquilla de pulverización controlable en línea para determinar la mejor configuración de puntos del atomizador y advertir en caso de límite de diseño alcanzado. De este modo, el método de caída de presión diferencial en línea permite una calibración de la viscosidad de cizallamiento para fluidos de fluidificación por fuerzas de cizalladura newtonianos y, en particular, no newtonianos, basados en reómetros de laboratorio.

65 Otras técnicas para medir la viscosidad de cizallamiento son ya sea subestimación o sobre estimación de las viscosidades predefinida de cizallamiento del producto de productos lácteos y nutricionales (a través del reómetro de

laboratorio). En particular para fluidos de fluidificación por fuerzas de cizalladura, la técnica de medición basada en la frecuencia, el método de medición de Coriolis forzada y el método de viscosímetro de cuarzo no dan la posibilidad de determinar la viscosidad de la segunda meseta newtoniana de los fluidos de fluidificación por fuerzas de cizalladura debido a la falta de información sobre el campo de flujo aplicado del método (y, de este modo, velocidades de cizallamiento desconocidas).

De este modo, la grabación en línea de la llamada viscosidad de la segunda meseta newtoniana de fluidos de alimentos no newtonianos es posible con el método de caída de presión diferencial y, de este modo, permite la calibración con los reogramas predefinidos de viscosidad de cizallamiento del producto, que se encuentran a partir de las mediciones del reómetro de laboratorio.

Según un segundo aspecto de la invención, el objeto en relación con el aparato de secado por pulverización se consigue mediante las características de la reivindicación 7.

El aparato de secado por pulverización según la invención proporciona un medio de trabajo en línea para controlar el tamaño de las gotitas de pulverización durante el secado por pulverización. La calidad de la pulverización se puede juzgar en términos de la distribución del tamaño de las gotitas y su correspondiente diámetro medio del tamaño de las gotitas, esto es, el diámetro Sauter D_{32} .

El secado por pulverización según la invención ayuda a lograr los siguientes objetivos principales de fabricación: un diámetro Sauter mínimo para una evaporación de agua más rápida y en equilibrio, una aglomeración óptima del polvo para una calidad constante del polvo, una distribución de tamaño de partículas de polvo en equilibrio para una calidad de polvo uniforme, la eliminación de partículas chamuscadas para una calidad del polvo constante, incrustaciones mínimas del polvo en la pared y, como consecuencia, se reduce el riesgo de bloqueos de polvo en los conos, conductos o tuberías de transporte, incrustaciones mínimas en la boquilla de pulverización y mayor seguridad del secador debido a la eliminación del goteo y la eliminación de partículas chamuscadas.

Según un tercer aspecto de la invención se proporciona un aparato de la boquilla de pulverización que comprende medios para el ajuste de la geometría de la cámara de la boquilla basándose en los parámetros del proceso de secado por pulverización, como la velocidad de flujo de masa de pulverización, presión de la pulverización y parámetros del producto, como la densidad del producto, la viscosidad al cizallamiento del producto, cuyos parámetros se obtienen o evalúan en línea durante el proceso de secado por pulverización según un método de la presente invención.

De este modo es posible ajustar la línea geometría de la boquilla sobre la base de parámetros responsables del rendimiento del proceso y calidad del producto alcanzado. Adicionalmente, los tiempos de parada de un aparato de secado por pulverización equipado con una boquilla de pulverización según la invención se pueden reducir ya que los tiempos de limpieza se reducen significativamente gracias a minimización de ensuciamiento del equipo.

El aparato de la boquilla puede estar provisto de un accionamiento eléctrico de ajuste de la geometría de la cámara, siendo el accionamiento controlado por un dispositivo de control con base en los parámetros del proceso de secado por pulverización y los parámetros del producto mencionados anteriormente.

Para modificar la geometría de la cámara, según una realización ventajosa de la invención, el aparato comprende un émbolo para ajustar el volumen de la cámara de turbulencia de la boquilla.

Al mover el émbolo dentro y fuera de la cámara de la boquilla mediante el accionamiento eléctrico, se consigue un ajuste de la altura de la cámara de turbulencia de la boquilla. De este modo, al mover el émbolo, la geometría de la boquilla se puede modificar en línea durante el proceso de fabricación en relación con los parámetros del producto y del proceso como se mencionó anteriormente.

El movimiento del émbolo se logra mediante el accionamiento eléctrico que a su vez es controlado por un dispositivo de control como un circuito programable. Este circuito transmite señales de control al accionamiento eléctrico en función de los parámetros mencionados anteriormente.

Con el fin de lograr lo anterior, según una realización ventajosa de la invención, el accionamiento eléctrico comprende un motor eléctrico de accionamiento rotativo, un eje de salida, la rotación se transforma en un movimiento longitudinal del émbolo mediante un acoplamiento roscado entre el eje de salida y el émbolo. De este modo, se logra una configuración mecánica estable y fácil de manejar.

Según una realización de la invención, se proporciona un manguito de conexión que está fijado de manera liberable al accionamiento eléctrico y está equipado con un agujero longitudinal para alojar de manera rotatoria un eje hueco que transfiere el movimiento rotatorio de un eje de salida del accionamiento eléctrico a un pasador de ajuste que acciona el émbolo axialmente hacia dentro y hacia afuera de la cámara de la boquilla.

El pasador de ajuste está provisto de un agujero que se extiende longitudinalmente con una rosca interior en acoplamiento con una rosca exterior del émbolo de modo que un movimiento rotatorio del pasador de ajuste se transforme en un movimiento longitudinal del émbolo axialmente móvil.

5 Según una realización ventajosa de la invención, la cámara de la boquilla está definida por un cuerpo de la cámara de turbulencia que se inserta en la cámara interior de un cuerpo de boquilla, el cuerpo de la boquilla se fija de manera liberable al manguito de conexión mencionado anteriormente y el cuerpo de la cámara de turbulencia está provisto de un canal de apertura que está dispuesto en correspondencia al orificio para introducir el material del producto en la cámara de turbulencia del cuerpo de la cámara de turbulencia. Este material, por ejemplo, puede ser una pasta para la producción de productos lácteos y nutricionales.

10 La cámara de turbulencia puede estar provista de una cara de guía helicoidal de apriete para acelerar la pasta en la dirección del orificio de la boquilla para dar salida a las gotitas de material a alta velocidad. Dado que el material es incompresible, el ángulo del cono de pulverización y el diámetro de la gotita se pueden modificar según el producto y los parámetros del proceso en línea durante el proceso de fabricación del producto a ser logrado por el movimiento ajustable del émbolo dentro de la cámara de turbulencia.

15 Según una realización ventajosa de la invención, el orificio para la introducción del material en la cámara de la boquilla se extiende radialmente al eje longitudinal de la boquilla y el material del producto se transfiere a la boquilla a través de un tubo está conectado al orificio.

20 Para permitir una modificación básica de las características de salida de la boquilla de pulverización, el cuerpo de boquilla es equipado con una placa de orificio montada de manera liberable de manera tal que el diámetro de apertura del orificio de la boquilla sea variable al reemplazar la placa del orificio por una placa de orificio de diferente diámetro.

25 Según una característica preferida, un ángulo de cono de una neblina de pulverización producida por gotitas de producto y el tamaño de la gotita es variable al mover axialmente el émbolo con respecto a la cámara de la boquilla.

30 A continuación, la invención se describirá con más detalle por medio de una realización de este y los dibujos adjuntos.

35 La figura 1 muestra una vista lateral en sección parcial de una realización de un aparato de la boquilla de pulverización según la invención;

La figura 2 muestra una vista en sección transversal de un eje hueco del aparato de la boquilla de pulverización de la figura 1;

40 La figura 3 muestra una vista en sección parcial de un pasador de ajuste;

La figura 4 muestra una vista frontal del cuerpo de la cámara de turbulencia del aparato de la boquilla de pulverización de la figura 1;

45 Las figuras 5 y 5A representan una vista lateral y una vista frontal (en la dirección de la flecha A) del émbolo del aparato de la boquilla de pulverización de la figura 1;

La figura 6 es un diagrama de flujo del método de control de proceso según la invención;

50 La figura 7 es un diagrama de flujo del método de caída de presión diferencial.

La figura 8 muestra un principio de un aparato de medición para el método de caída de presión diferencial y

55 La figura 9 muestra un ejemplo de una correlación adimensional entre el tamaño de las gotitas de la pulverización y la geometría, procesos y parámetros del producto.

El aparato 1 de la boquilla de pulverización según la figura 1 comprende un accionamiento 2 eléctrico provisto de una interfaz (tal como una interfaz Profibus) y una fuente de alimentación (tal como una fuente de alimentación de 24V-DC) en 3 y un motor 4 eléctrico que incluye una transmisión conectada con 3.

60 El motor 4 eléctrico acciona un eje 5 de salida de una manera rotatoria. El eje 5 de salida se extiende en un agujero 6 interior extendido longitudinalmente de un eje 7 hueco que se representa con más detalle en la figura 2.

65 El eje 7 hueco está alojado de forma rotatoria en un agujero 8 interior que se extiende longitudinalmente de un manguito 9 de conexión, que se puede fijar a la carcasa de la transmisión 4 mediante tornillos 10.

El agujero 6 interior del eje 7 hueco está equipado con una rosca 11 interior que se puede llevar en un acoplamiento roscado con una rosca 12 exterior provista en una pieza final de un pasador 13 de ajuste, que se muestra con más detalle en la figura 3, que se puede insertar en el agujero 6 interior del eje 7 hueco.

5 En oposición al extremo 12 del terminal roscado del pasador 13 de ajuste, se proporciona una sección de recepción del pasador 13 de ajuste, que se forma con un agujero 14 interior equipado con una rosca 15 interior.

La rosca 15 interior del pasador 13 de ajuste sirve para ser introducido en un acoplamiento roscado con un exterior la rosca 16 de un émbolo 17 que se muestra más claramente en las figuras 5 y 5A.

10 Como se puede ver en las figuras 5 y 5A, el émbolo 17 comprende una sección 18 de superficie circunferencial exterior con una sección transversal de forma helicoidal correspondiente a la forma y el tamaño de una sección 19 de recepción de un cuerpo 20 de la cámara de turbulencia alojado en un cuerpo 23 de boquilla que está montado en el manguito 9 de conexión como se muestra en la figura 4.

15 El cuerpo 20 de la cámara de turbulencia comprende un canal 21 de entrada lateral o tangencial para introducir material en pasta o similares en la cámara 22 de turbulencia del cuerpo 20 de la cámara de turbulencia.

20 El material que se va a transportar a través del canal 21 de entrada en la cámara 22 de turbulencia puede entrar en el cuerpo 23 de la boquilla a través de un primer orificio 24 u orificio de entrada que se extiende radialmente al eje 28 longitudinal común del cuerpo 23 de la boquilla y el manguito 9 de conexión. Para este fin hay un tubo 25 conectado al primer orificio 24 del cuerpo 23 de la boquilla que define una abertura de entrada del aparato 1.

25 Pasta o material similar a pasta suministrado al cuerpo 23 de la boquilla a través del tubo 25 entra en el cuerpo 23 de la boquilla a través del primer orificio 24 y entra en la cámara 22 de turbulencia a través del canal 21 de entrada.

30 La cámara 22 de turbulencia está equipada con un orificio pasante que se extiende axialmente y que tiene una sección de superficie circunferencial interior con una sección transversal de forma helicoidal, formando de este modo una cara de guía helicoidal de tipo espiral que sirve para acelerar el material en la dirección de un segundo orificio 26 u orificio de boquilla del cuerpo 23 de la boquilla que define una abertura de salida del aparato 1. Una placa 27 de orificio está provista entre la salida axial de la cámara 22 de turbulencia y el segundo orificio 26 por la placa 27 de orificio, el ángulo de apertura del cono de pulverización puede ajustarse básicamente.

35 La figura 1 muestra el émbolo 17 que cierra el primer orificio 24. Al impulsar el motor 4, el eje hueco 7 gira y de este modo hace que el pasador 13 de ajuste gire alrededor de su eje longitudinal. El émbolo 17 está conectado a la rosca 15 interior del pasador de ajuste 13 a través de la rosca exterior 16 y solo puede ejecutar un movimiento en relación con el cuerpo 20 de la cámara de turbulencia a lo largo del eje 28 longitudinal del émbolo 17, pero no puede girar con respecto al cuerpo 20 de la cámara de turbulencia. Por lo tanto, una la rotación del pasador 13 de ajuste se transfiere a un movimiento axial del émbolo 17 en relación con la cámara de turbulencia cuerpo 20.

40 Mediante este movimiento del émbolo 17 se puede modificar la anchura axial del primer orificio 24 y la geometría de la cámara 22 de turbulencia y, de este modo, la cámara de la boquilla puede ser modificada. Dado que el accionamiento 2 eléctrico está controlado por parámetros de proceso y producto que, a su vez, se obtienen o evalúan en línea durante el proceso de fabricación del polvo que se desea. Para lograr esto, el circuito de control proporciona al accionamiento 2 eléctrico señales para que el émbolo 17 se mueva axialmente en la dirección del eje 28 longitudinal como se muestra en la figura 1. Mediante este movimiento del émbolo 17, el tamaño de las gotitas de pulverización del material pulverizado a atomizar puede ser ajustado hacia el mínimo diámetro Sauter posible para un conjunto dado de parámetros de entrada.

50 La medición de estos parámetros de entrada en línea con el proceso de producción del polvo según el método de la invención permite ajustar el tamaño de las gotitas hacia el mínimo diámetro de Sauter posible en línea y de este modo permite considerar la gama completa de viscosidades de pulverización durante el proceso de producción del polvo a producir.

55 La pasta de producto que ingresa a la cámara de turbulencia a través del canal 21 de entrada sigue un camino helicoidal y espiral debido al diseño de sección transversal en espiral de la cámara de turbulencia en una dirección circunferencial y axial combinada hacia el orificio de la boquilla 26. Este diseño acelera la velocidad de desplazamiento del flujo de pasta del producto en la cámara de turbulencia, siempre que el flujo de masa de la pasta del producto sea constante. La pasta del producto sale de la boquilla de pulverización a través de la placa 27 de orificio y el orificio 26 de la boquilla como una película 29 en forma de cono con un ángulo de punta de cono en donde la película 29 se atomiza en gotitas formando una niebla de pulverización. El ángulo de la punta del cono es directamente proporcional a la velocidad de desplazamiento de la pasta del producto en el orificio 26 de la boquilla; esto es, cuanto mayor sea la velocidad de desplazamiento, mayor será el ángulo de la punta del cono y menor será el tamaño de las gotitas.

65

Un ángulo de punta de cono α de 0° no genera atomización y, en un ejemplo realizado, un ángulo de punta de cono α de 100° genera gotitas que tienen un diámetro Sauter de $D_{32} = 30 \mu\text{m}$. Cuanto más amplio es el ángulo α de la punta del cono, más pequeñas se vuelven las gotitas, de modo que el tamaño de la gota se puede controlar mediante el ángulo α de la punta del cono y, de este modo, la velocidad de desplazamiento de la pasta del producto en el orificio de la boquilla 26

La figura 6 es un diagrama de flujo del método de control del proceso de acuerdo con la presente invención. La pasta de producto en la figura 6 indicada como "concentrado" se suministra a un punto de dosificación 30, que lleva una parte de la corriente de la pasta de producto a una línea 32 de derivación. La mayoría de la corriente de pasta de producto se dirige a una línea 34 de pasta de producto principal. La línea 32 de derivación se redirige a la línea 34 de pasta de producto principal en una línea de unión 36, aguas abajo de un aparato 38 de medición de caída de presión diferencial provisto en la línea 32 de derivación.

Aguas abajo de la línea 36 de unión se proporcionan un 40 de flujo de masa, un medidor 42 de densidad y una sonda 44 de presión de la pulverización en la línea principal de pasta de producto. Aguas abajo de la sonda 44 de presión de la pulverización, la línea 34 de pasta del producto principal ingresa a la boquilla de pulverización del aparato 1 que se muestra en la figura 1 a través del tubo 25. La pasta de producto suministrada al aparato 1 por la boquilla de pulverización se pulveriza luego en una cámara 46 de secado por pulverización.

El aparato 38 de medición de caída de presión diferencial determina la velocidad de cizallamiento y la viscosidad η de cizallamiento de la pasta de producto suministrada a la boquilla de pulverización. Los datos de la velocidad de cizallamiento y la viscosidad de cizallamiento se suministraron desde el aparato 38 de medición de caída de presión diferencial a un dispositivo de control (SPS-control) 48. De la misma manera, la velocidad de flujo Q_m de la masa de producto determinada en el medidor 40 de flujo de masa, la densidad de la pasta del producto determinada en el medidor 42 de densidad y la presión de la pulverización P de la pasta del producto determinada en la sonda 44 de presión de la pulverización también se suministran al dispositivo 48 de control.

El dispositivo 48 de control comprende un ordenador que calcula un parámetro de control de salida basándose en los datos anteriores suministrados al dispositivo 48 de control y sobre la base de parámetros conocidos de geometría de la boquilla de pulverización almacenados en una memoria del dispositivo 48 de control. El parámetro de control de salida es suministrado al aparato 1 de la boquilla de pulverización para ajustar el pistón 17 de la cámara de turbulencia a una posición calculada con el fin de obtener un volumen de la cámara de turbulencia deseado.

Las siguientes ecuaciones 1-7 describen el procedimiento de resolución de cómo controlar la posición del émbolo (dada con h_{sc}) basándose en un cambio en la viscosidad η de cizallamiento de la pasta.

Por consiguiente, el procedimiento de resolución se aplica para un cambio en la velocidad de flujo de masa Q_m y la densidad ρ de la pasta.

Caracterización de flujo de masa universal de los flujos de boquilla de turbulencia de presión:

$$\frac{Q_m}{\eta d_{sc}} = 2.1844 \left(\frac{d_{or}}{d_{sc}} \right)^{1.2859} \left(\frac{h_{sc}}{d_{sc}} \right)^{0.4611} \left(\frac{\sqrt{P\rho d_{sc}}}{\eta} \right)^{0.9140} \quad (1)$$

La relación entre la presión de pulverización P y la posición axial del émbolo (dada con h_{sc}) se deriva del ejemplo de cambio de viscosidad de cizallamiento de $\eta_{antigua}$ a η_{nueva} :

$$\frac{\eta_{nueva}}{\eta_{antigua}} = \left(\frac{h_{sc, antigua}}{h_{sc, nueva}} \right)^{0.4611} \left(\frac{\eta_{nueva}}{\eta_{antigua}} \right)^{0.9140} \left(\frac{P_{antigua}}{P_{nueva}} \right)^{\frac{0.9140}{2}} \quad (2)$$

Resuelto para la relación de presión de pulverización:

$$\left(\frac{P_{antigua}}{P_{nueva}} \right) = \left(\frac{\eta_{nueva}}{\eta_{antigua}} \right)^{\frac{1-0.9140}{0.4570}} \left(\frac{h_{sc, antigua}}{h_{sc, nueva}} \right)^{\frac{-0.4611}{0.4570}} \quad (3)$$

Con el fin de encontrar una relación directa entre la posición del émbolo h_{sc} y viscosidad η de cizallamiento, la relación de la presión de pulverización tiene que ser encontrada en otra ecuación, vea las ecuaciones 4-6 a continuación: Caracterización del tamaño de la gota de pulverización universal de los aerosoles de boquilla de turbulencia a presión:

$$\frac{D_{32,global}}{d_{sc}} = 1.0798 \text{Re}^{-0.2987} \text{We}^{-0.1709} \left(\frac{h_{sc}}{d_{sc}}\right)^{-0.0772} \left(\frac{d_{or}}{d_{sc}}\right)^{0.9534} \quad (4)$$

5 Nuevamente, uno puede derivar la relación de presión de pulverización con las condiciones de consistencia en que $D_{32,global-antigua}$ y $D_{32,global-nueva}$ permanecen constantes.

$$\begin{aligned} \frac{D_{32,global,antigua}}{D_{32,global,nueva}} = 1 &= \left(\frac{\text{Re}_{antigua}}{\text{Re}_{nueva}}\right)^{-0.2987} \left(\frac{\text{We}_{antigua}}{\text{We}_{nueva}}\right)^{-0.1709} \left(\frac{h_{sc,antigua}}{h_{sc,nueva}}\right)^{-0.0772} \\ &= \left(\frac{h_{sc,antigua}}{h_{sc,nueva}}\right)^{-0.2987} \left(\frac{\eta_{antigua}}{\eta_{nueva}}\right)^{0.2987} \left(\frac{h_{sc,antigua}}{h_{sc,nueva}}\right)^{0.2987} \left(\frac{h_{sc,antigua}}{h_{sc,nueva}}\right)^{0.1709 \cdot 2} \left(\frac{h_{sc,antigua}}{h_{sc,nueva}}\right)^{-0.0772} \end{aligned} \quad (5)$$

10 Y de ahí la solución, cómo controlar la altura del émbolo $h_{sc,nueva}$ basada en una posición actual $h_{sc,antigua}$:

$$\frac{h_{sc,nueva}}{h_{sc,antigua}} = \left(\frac{\eta_{antigua}}{\eta_{nueva}}\right)^{-1.1289} \quad (6)$$

Combinando las ecuaciones 3 y 6 se recibe la solución, cómo controlar la presión de pulverización:

15

$$\frac{P_{nueva}}{P_{antigua}} = \left(\frac{\eta_{nueva}}{\eta_{antigua}}\right)^{0.9508} \quad (7)$$

La figura 7 es un diagrama de flujo del método de caída de presión diferencial aplicado en la medición de caída de presión diferencial. aparato 38. Se proporciona una bomba 50 de alimentación en la línea 32 de derivación aguas abajo del punto 30 de dosificación. La bomba 50 de alimentación garantiza un flujo de alimentación constante en el aparato 38 de medición de caída de presión diferencial para permitir velocidades de cizallamiento que cubren la segunda meseta de viscosidad newtoniana. Aguas abajo de la bomba 50 de alimentación se proporciona un medidor 52 de flujo másico a través de la cual la pasta del producto en la línea 32 de derivación se dirige hacia un medidor 54 de caída de presión. La viscosidad (η) de cizallamiento de la pasta de producto en la línea 32 de derivación se calcula a partir del flujo de masa medido en el medidor 52 de flujo de masa, la densidad de producto conocida de la pasta de producto y la caída de presión medida en el medidor 54 de caída de presión. Este cálculo se realiza en un ordenador (no mostrada) del aparato 38 de medición de caída de presión diferencial o, el dato respectivo se entrega al dispositivo 48 de control y la viscosidad η de cizallamiento se calcula en el ordenador del dispositivo 48 de control. Para considerar el hecho de que la caída de presión se mide en una línea 32 de derivación, la masa de derivación la velocidad de flujo es ajustada por la bomba 50 de alimentación hasta que la velocidad de cizallamiento es tal que la segunda viscosidad de meseta newtoniana puede medirse por el medidor 54 de caída de presión dentro de las condiciones de flujo laminar.

En el presente ejemplo el punto 30 de dosificación regula la velocidad de flujo de derivación para mantener la presión de flujo de derivación <20 bar en condiciones de flujo laminar, por ejemplo, tasas de flujo <1000kg/h.

La figura 8 muestra el principio de un aparato de medición (medidor de caída de presión) para el método de caída de presión diferencial para la determinación de la segunda viscosidad de meseta newtoniana usando tres registros independientes de caída de presión a tres velocidades de cizallamiento diferentes.

El medidor 100 de caída de presión comprende un tubo que tiene una sección 102 de entrada de fluido y una sección 104 de salida de fluido y tres secciones 106, 108, 110 de medición de caída de presión provistas entre la sección 102 de entrada y la sección 104 de salida. La primera sección 106 de medición de caída de presión que está cerca de la sección 102 de entrada tiene un primer diámetro interno d_1 y una primera longitud axial l_1 . Un primer medidor 112 de presión diferencial que mide una primera caída de presión Δp_1 está conectado a la primera sección de medición de caída de presión 106 en una cuestión comúnmente conocida en donde la distancia axial L_1 entre dos aberturas de medición de presión estática en la pared de la primera sección 106 de medición de caída de presión es sustancialmente igual a la longitud l_1 de la primera sección 106 de medición de caída de presión.

- 5 La segunda sección 108 de medición de la caída de presión se proporciona aguas abajo de la primera sección 106 de medición de la caída de presión. El diámetro interno d_2 de la segunda sección 108 de medición de caída de presión es más pequeño que el diámetro d_1 de la primera sección de medición de caída de presión. La longitud l_2 de la segunda sección 108 de medición de caída de presión es más corta que la longitud de la primera sección 106 de medición de caída de presión. La segunda sección 108 de medición de caída de presión comprende un segundo medidor 114 de presión diferencial que mide una segunda caída Δp_2 de presión en donde la distancia L_2 entre las dos aberturas de medición de presión estática en la pared de la segunda sección 108 de medición de caída de presión es más corta que la distancia L_1 del primer medidor 112 de presión diferencial.
- 10 Una tercera sección 110 de medición de caída de presión se proporciona aguas abajo de la segunda sección 108 de medición de caída de presión y la tercera sección 110 de medición de caída de presión se abre en la sección 104 de salida. El diámetro interno d_3 de la tercera sección 110 de medición de caída de presión es más pequeño que el diámetro d_2 de la segunda sección 108 de medición de caída de presión y la longitud l_3 de la tercera sección de medición de caída de presión es más corta que la longitud l_2 de la segunda sección de medición de caída de presión.
- 15 La tercera sección 110 de medición de caída de presión comprende de una manera comúnmente conocida un tercer medidor 116 de presión diferencial que mide una tercera caída Δp_3 de presión. La distancia L_3 entre las dos aberturas de medición de presión estática en la pared de la tercera sección 110 de medición de caída de presión es más corta que la distancia L_2 del segundo medidor 114 de presión diferencial.
- 20 El medidor de caída de presión diferencial 100 permite la medición de tres registros independientes de caída de presión del primero, el segundo y el tercer medidor de caída de presión diferencial. Utilizando estas tres sondas de caída de presión diferencial en serie, una sola velocidad de flujo de masa provoca tres velocidades de cizallamiento de pared en aumento con el diámetro decreciente del tubo.
- 25 La siguiente ecuación 8 se utiliza para calcular la viscosidad de cizallamiento η para flujos de tubos laminares ($Re < 2300$), aplicada a las 3 presiones diferenciales Δp_1 , Δp_2 y Δp_3 (medida respectivamente en 112, 114 y 116, figura 8), al reemplazar Δp_i y las dimensiones correspondientes del tubo (R_i y L_i) en la ecuación 8:
- 30 Sólo, si la viscosidad de cizallamiento η_i es igual ($\eta_1 = \eta_2 = \eta_3$) entre las 3 presiones diferenciales, la 2ª viscosidad de cizallamiento newtoniana se encuentra y se usa, por ejemplo, en las ecuaciones 1 y 7, etc.

$$\eta_i = \frac{\pi \cdot R_i^4 \cdot \Delta p_i \cdot \rho}{8 \cdot Q_m \cdot L_i}$$

con las siguientes definiciones de símbolos:

- 35 R_i : radio del tubo (R_1 , R_2 y R_3) en [m]
- Δp_i : caída de presión del tubo (Δp_1 , Δp_2 y Δp_3) en [Pa]
- 40 ρ : densidad del producto en [kg/m³]
- Q_m : velocidad de flujo de masa en [kg/s]
- 45 L_i : longitud del tubo (distancia L_1 , L_2 y L_3) en [m]
- La Figura 9 muestra un ejemplo de una correlación adimensional entre el tamaño de las gotitas de pulverización y los parámetros de geometría, proceso y producto. El tamaño de las gotitas $D_{32,global}$, es el diámetro Sauter de la pulverización gotitas. El número de Weber sin dimensiones We y el número de Euler Eu representan los cuatro parámetros del proceso de entrada: Velocidad de flujo de masa de pulverización Q_m , presión de pulverización P estática, densidad de producto ρ y viscosidad η de cizallamiento del producto. La geometría de la boquilla de pulverización se describe con los parámetros h_{sc} , d_{sc} , d_{or} y b_{ch} . Estas abreviaturas se explican en la tabla 1 a continuación.
- 50 El diámetro Sauter $D_{32, global}$, se midió mediante anemometría de doppler de fase (PDA) de las gotitas pulverizadas por el aparato de la boquilla de pulverización.
- 55 El diámetro de Sauter medido $D_{32,global}$, se correlacionó con la geometría, el proceso y los parámetros del producto correspondientes, que se variaron en el marco de las mediciones de PDA para lograr una correlación como se muestra en la figura 9.
- 60

Tabla 1: Abreviaturas y fórmula

Símbolo, Abreviatura	Descripción	Unidades
D _{32,global}	diámetro Global Sauter global según lo encontrado en las mediciones de APA de pulverización	[m]
d _{sc}	Diámetro de la cámara de turbulencia (diámetro más pequeño de la espiral de la cámara de turbulencia)	[m]
h _{sc}	Altura de la cámara de turbulencia (altura axial de la cámara de turbulencia)	[m]
d _{or}	Diámetro del orificio (diámetro de la abertura hecha en la placa del orificio)	[m]
b _{ch}	Ancho del canal de entrada de la cámara de turbulencia (el ancho más pequeño del canal de entrada que conduce a la cámara de turbulencia)	[m]
We	Número de Weber $We = \frac{\rho_{\text{liquido}} u_{\text{volumen}}^2 d_{\text{orificio}}}{\sigma_{\text{liquido}}}$	-
Eu	Número de Euler $Eu = \frac{P}{\rho_{\text{liquido}} u_{\text{volumen}}^2}$	-
Re	Número de Reynolds $Re = \frac{\rho_{\text{liquido}} u_{\text{volumen}}^2 h_{sc}}{\mu}$	-
U _{volumen}	Volumen de velocidad en la entrada de la cámara de turbulencia. $u_{\text{volumen}} = \frac{Qm}{\rho_{\text{liquido}} h_{sc} b_{ch}}$	[m/s]
Qm	Caudal másico	[kg/s]
P	Presión de pulverización	[Pa]
ρ _{liquido}	Densidad de líquido	[kg/m ³]
η _{liquido}	Viscosidad de cizallamiento del líquido	[Pas]
σ _{liquido}	Tensión superficial	[N/m]
PDA	Anemometría de fase Doppler	-

La invención no debe considerarse como limitada a la realización mostrada y descrita en las anteriores modificaciones y combinaciones, pero varias de las características pueden llevarse a cabo sin apartarse del alcance de las siguientes reivindicaciones.

5

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método de control del tamaño de las gotitas de pulverización de un aparato de la boquilla de pulverización, en particular para la fabricación de polvos alimentarios, suministrados a la boquilla de pulverización en donde el método comprende las siguientes etapas:
- 10 a) proporcionar una pasta de un producto que se va a pulverizar por la boquilla de pulverización;
- b) determinar continuamente la viscosidad (η) de cizallamiento de la pasta del producto suministrado a la boquilla de pulverización;
- 15 c) determinar la velocidad (Q_m) de flujo de masa de la pasta del producto suministrado a la boquilla de pulverización;
- d) determinar la presión (P) estática de la pasta del producto suministrado a la boquilla de pulverización;
- 20 e) determinar la densidad (ρ) de la pasta del producto suministrado a la boquilla de pulverización;
- f) suministrar los datos obtenidos en las etapas b) a e) a un dispositivo de control que comprende un ordenador y una memoria;
- 25 g) calcular los datos de control para ajustar la boquilla de pulverización sobre la base de los datos obtenidos en las etapas b) a e) y en los parámetros de geometría de la boquilla almacenados en la memoria;
- h) enviar los datos de control como señales de control a un medio de control de la boquilla de pulverización y ajustar la boquilla de pulverización según lo anterior.
- 30 2. Método según la reivindicación 1, en donde la etapa b) de determinar continuamente la viscosidad (η) de cizallamiento de la pasta del producto suministrado a la boquilla de pulverización en una derivación a la corriente de la pasta del producto a la boquilla de pulverización.
3. Método según la reivindicación 1, en donde la viscosidad (η) de cizallamiento de la pasta del producto se determina mediante las siguientes etapas:
- 35 b1) proporcionar una velocidad de flujo de alimentación constante de la pasta del producto;
- b2) determinar el flujo de masa de la pasta del producto;
- b3) suministrar la pasta del producto a un medidor de caída de presión y determinar la caída de presión;
- 40 b4) calcular la velocidad de cizallado y la viscosidad (η) de cizallamiento de la pasta del producto sobre la base del flujo de masa determinado en la etapa b2), la caída de presión determinada en la etapa b3) y una densidad de producto conocida.
- 45 4. Método según la reivindicación 2 y 3, en donde el cálculo en la etapa b4) considera también la velocidad de flujo de masa de derivación.
5. Método según la reivindicación 3 o 4, en donde la determinación de la caída de presión en la etapa b3) se lleva a cabo según el método de caída de presión diferencial.
- 50 6. Método según la reivindicación 5, en donde el ajuste de la boquilla de pulverización en la etapa h) se lleva a cabo cambiando el volumen de una cámara de turbulencia provista en la boquilla de pulverización.
- 55 7. Aparato de secado por pulverización para llevar a cabo un método como se define en una de las reivindicaciones precedentes, que comprende un aparato de la boquilla de pulverización que tiene una boquilla de pulverización provista de un orificio (26) de boquilla para expulsar gotitas de pulverización de un producto que se va a secar y una orificio (24) de entrada para transferir dicho producto a una cámara (22) de boquillas caracterizada por un aparato para ajustar el tamaño de las gotitas expulsadas en línea durante el proceso de pulverización sobre la base de los datos de control calculados en la etapa g) del método.
- 60 8. Aparato de boquilla de pulverización en el aparato de secado por pulverización de la reivindicación 7, en donde el aparato comprende medios para ajustar la geometría de la cámara de boquilla basándose en los parámetros del proceso de secado por pulverización y los parámetros del producto obtenidos en línea durante el proceso de secado por pulverización.

9. Aparato de boquilla según la reivindicación 8, caracterizado por un accionamiento (2) eléctrico que ajusta la geometría de la cámara, siendo controlado dicho accionamiento (2) por un dispositivo de control en base a los parámetros del proceso de secado por pulverización y los parámetros del producto.
- 5 10. Aparato de boquilla según la reivindicación 8 o 9, caracterizado por un émbolo (17) que ajusta el tamaño de dicho orificio (24) de entrada y/o el volumen de dicha cámara (22) de boquilla.
- 10 11. Aparato de boquilla según la reivindicación 10, caracterizado porque dicho émbolo (17) se puede mover dentro y fuera de dicha cámara (22) de boquilla mediante dicho accionamiento (2) eléctrico ajustando el ancho y/o la altura del orificio de entrada de dicha cámara de boquilla (22).
- 15 12. aparato de la boquilla según una cualquiera de las reivindicaciones 10 o 11, caracterizado porque dicho accionamiento (2) eléctrico Comprende un motor (4) eléctrico que acciona de modo rotatorio un eje (5) de salida, siendo dicha rotación transferida a un movimiento longitudinal de dicho émbolo (17) a través de un acoplamiento roscado entre dicho eje (5) de salida y dicho émbolo (17).
- 20 13. Aparato de boquilla según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, caracterizado porque un manguito (9) de conexión está fijado de manera liberable a dicho accionamiento (2) eléctrico y proporciona un agujero longitudinal para alojar de manera rotatoria un eje (7) hueco que transfiere el movimiento rotatorio de un eje (5) de salida de dicho accionamiento (2) eléctrico a un pasador (13) de ajuste que acciona un émbolo (17) dentro y fuera de dicha cámara (22) de boquilla.
- 25 14. Aparato de boquilla según la reivindicación 13, caracterizado porque dicho pasador (13) de ajuste está provisto de un agujero (14) axial que se extiende longitudinalmente con una rosca (15) interior acoplado con una rosca (16) exterior de dicho émbolo (17) de tal manera que un movimiento rotatorio de dicho pasador (13) de ajuste se transfiera a un movimiento longitudinal de dicho émbolo (17) axialmente móvil.
- 30 15. Aparato de boquilla según la reivindicación 13 o la reivindicación 14, caracterizado porque dicha cámara (22) de boquilla está provista por un cuerpo (20) de cámara de turbulencia que se inserta en una cámara interior de un cuerpo (23) de boquilla, estando dicho cuerpo (23) de boquilla fijo de manera liberable a dicho manguito (9) de conexión y estando dicho cuerpo (20) de cámara de turbulencia provisto de un canal (21) de apertura que está dispuesto en correspondencia con dicho orificio (24) de entrada para introducir dicho material en una cámara (22) de turbulencia de dicho cuerpo (20) de cámara de turbulencia.
- 35 16. Aparato de boquilla según la reivindicación 15, caracterizado porque dicha cámara (22) de turbulencia está provista de una cara de guía de apriete helicoidal para acelerar dicho producto en la dirección del orificio (26) de la boquilla.
- 40 17. Aparato de boquilla según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 16, caracterizado porque dicho orificio (24) de entrada se extiende radialmente a dicho eje (28) longitudinal de dicha boquilla y dicho producto se transfiere a dicha boquilla a través de un tubo (25) que está conectado con dicho orificio (24) de entrada.
- 45 18. Aparato de boquilla según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 17, caracterizado porque dicho orificio (26) de boquilla está equipado con una placa (27) de orificio montada de forma desmontable de manera que el diámetro de apertura de dicho orificio (26) de boquilla es variable reemplazando la placa (27) de orificio por una placa de orificio de diferente diámetro.
- 50 19. Aparato de boquilla según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 18, caracterizado porque el ángulo del cono de una neblina de pulverización producida por las gotitas de producto y el tamaño de la gotita son variables al mover axialmente el émbolo (17) con respecto a la cámara (22) de la boquilla.

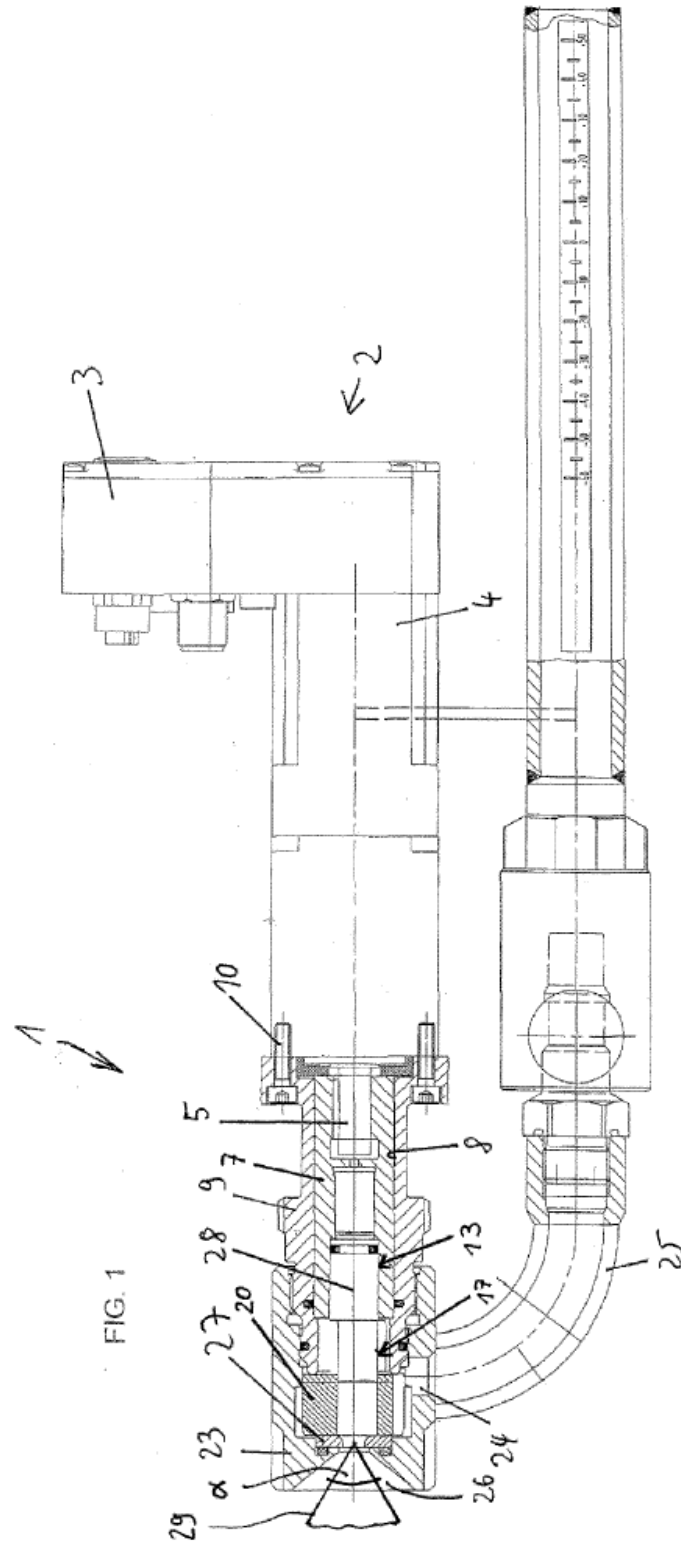


FIG. 2

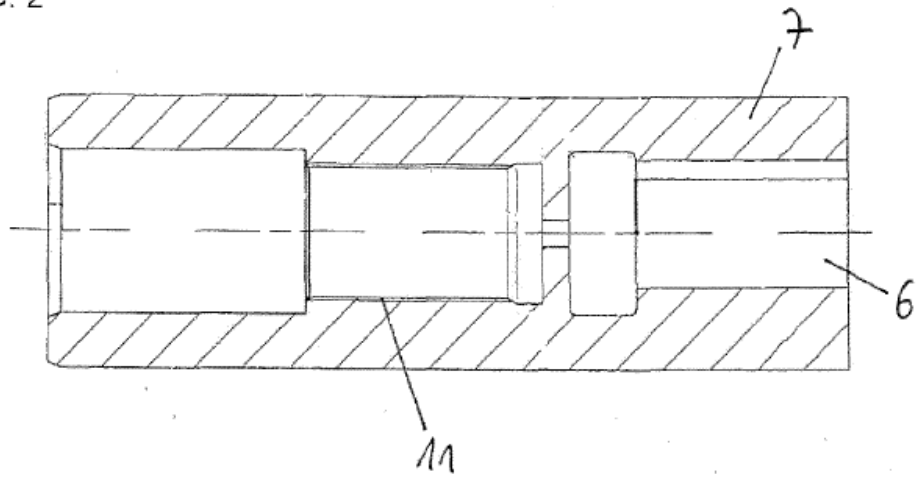


FIG. 3

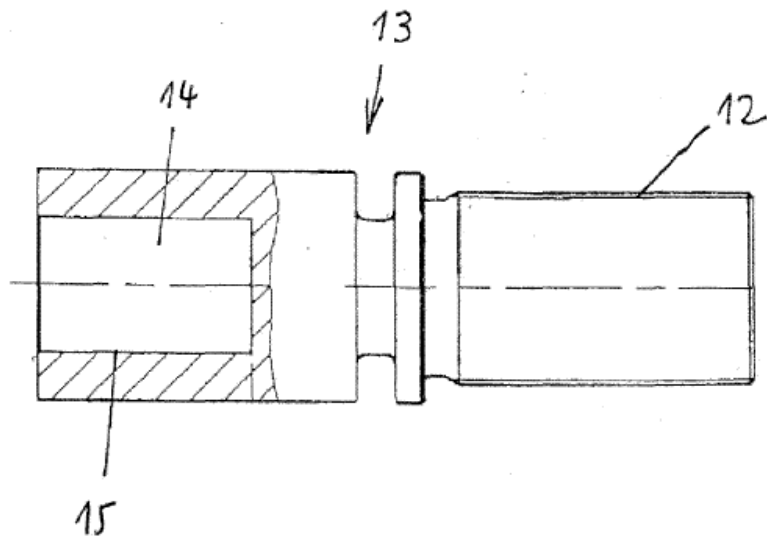


FIG. 4

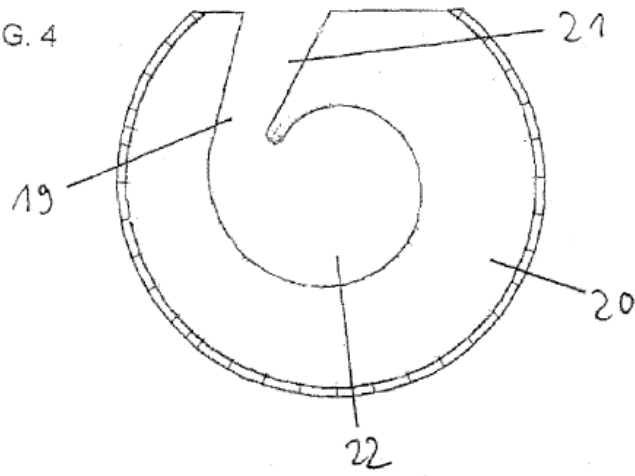


FIG. 5

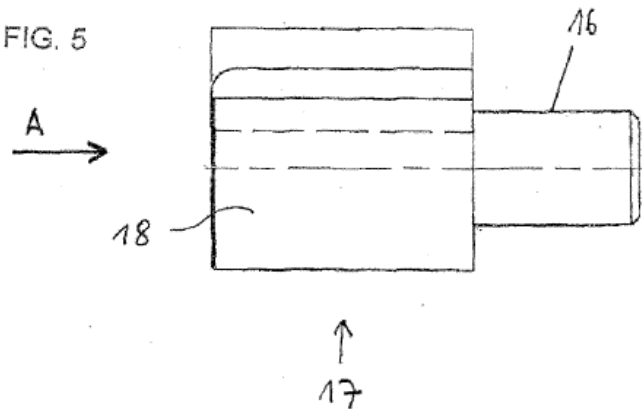


FIG. 5A

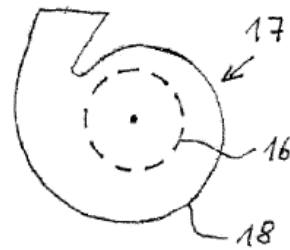


Fig. 6

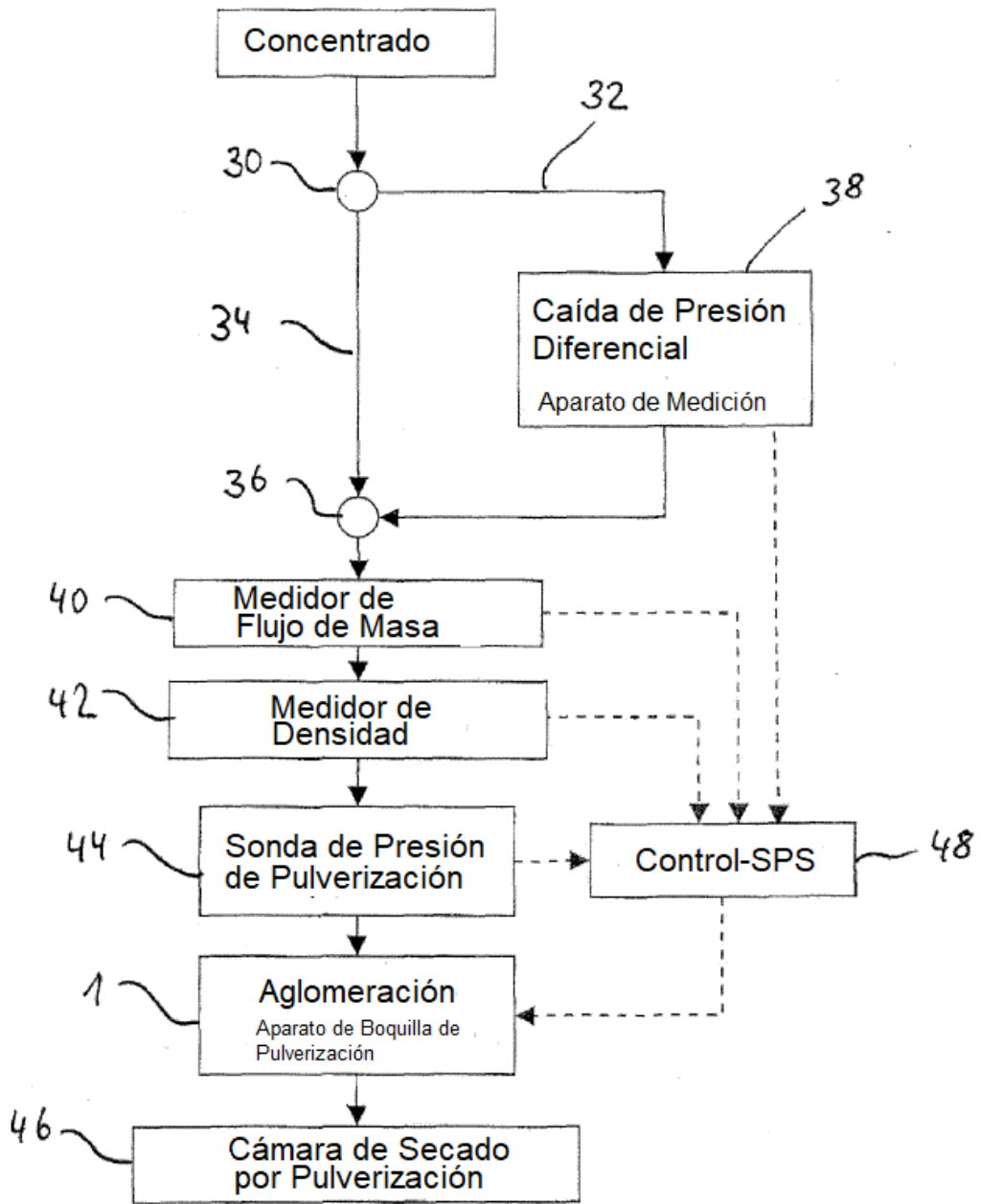
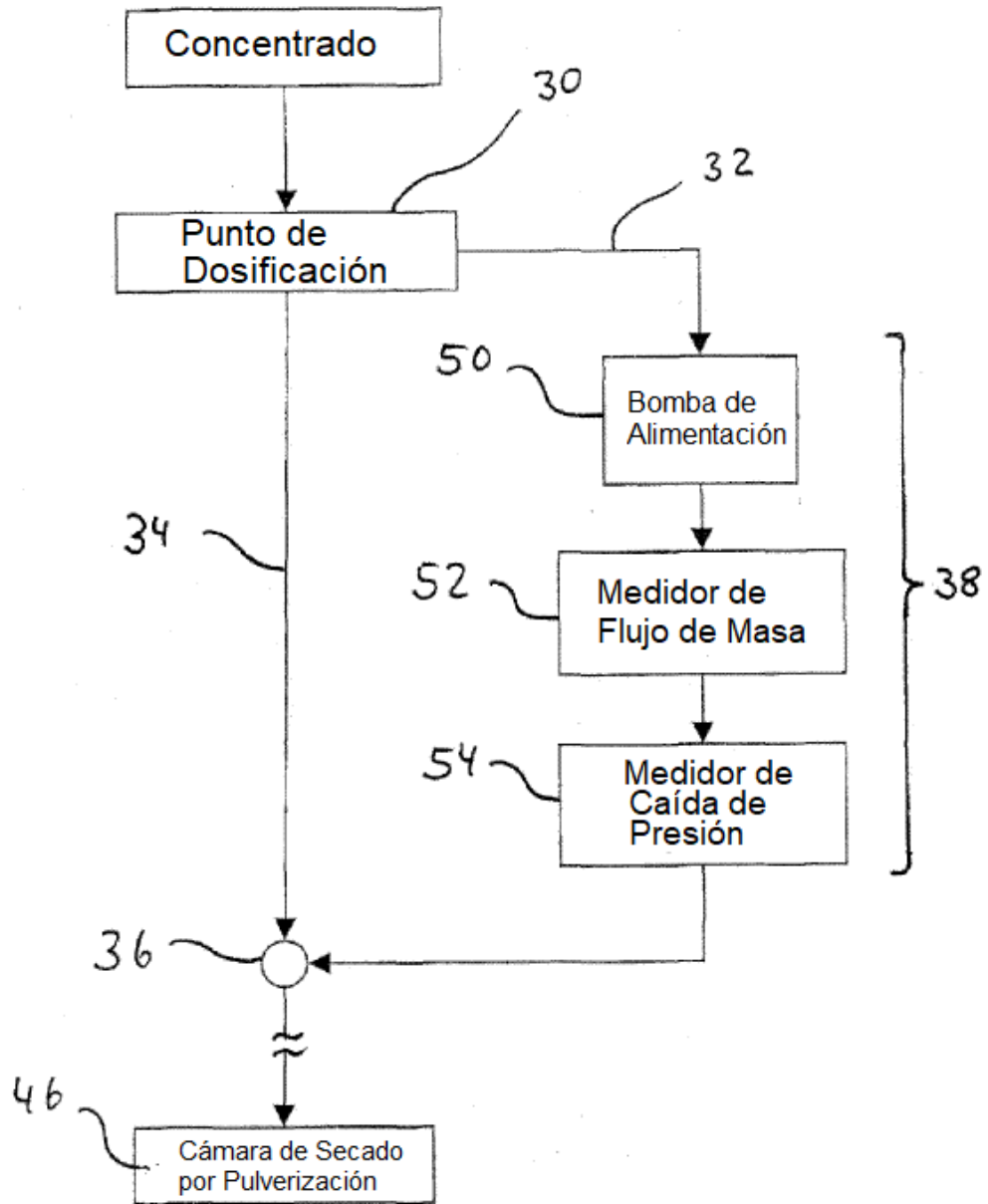


Fig. 7



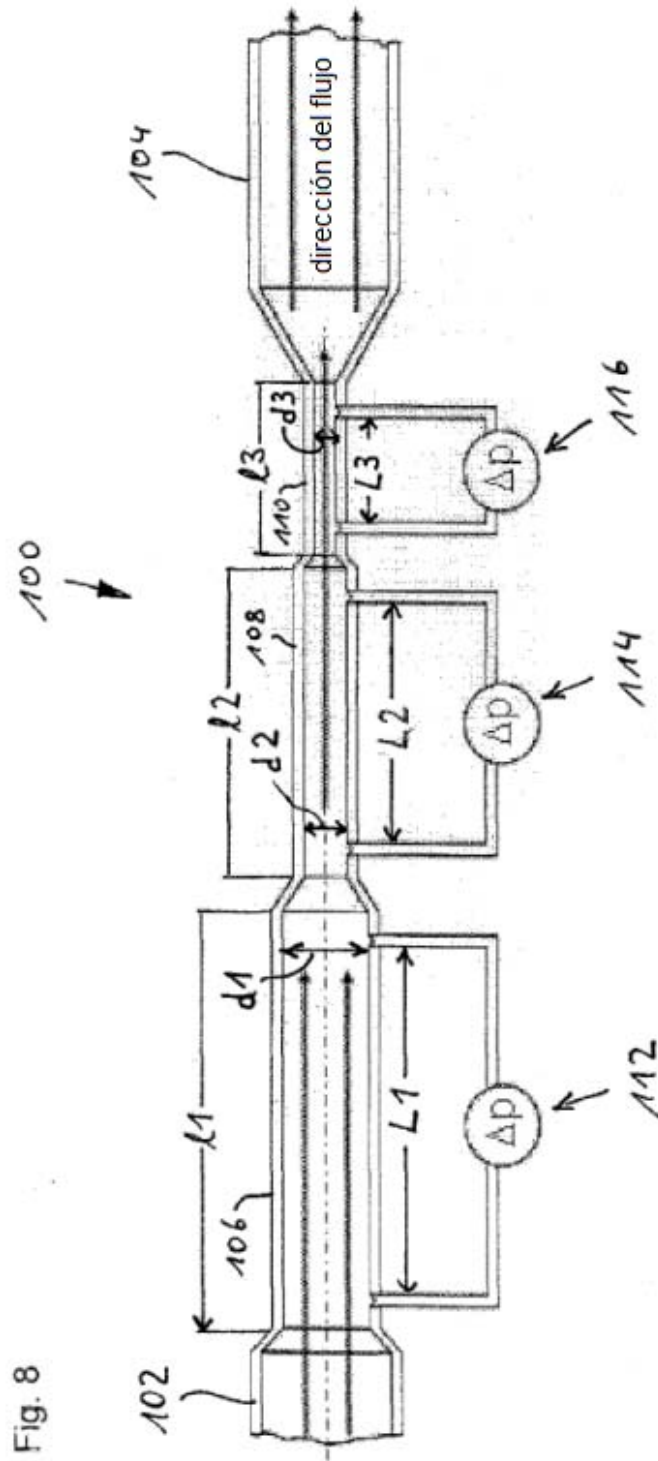


Fig. 8

Fig. 9

