

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 885 108**

51 Int. Cl.:

F26B 3/12 (2006.01)
F26B 21/00 (2006.01)
F26B 25/06 (2006.01)
B01D 1/18 (2006.01)
B01J 2/04 (2006.01)
B05B 5/03 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.10.2018** **PCT/US2018/057552**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.05.2019** **WO19084294**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.10.2018** **E 18800438 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.07.2021** **EP 3701207**

54 Título: **Método y sistema de secador por pulverización**

30 Prioridad:

27.10.2017 US 201762578009 P
16.04.2018 US 201862658295 P
24.10.2018 US 201816169718

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
13.12.2021

73 Titular/es:

SPRAYING SYSTEMS CO. (100.0%)
200 W. North Ave.
Glendale Heights, IL 60139, US

72 Inventor/es:

SZCZAP, JOSEPH, P.;
THENIN, MICHEL, R. y
MIGCHELBRINK, JOEL, R.

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 885 108 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 y sistema de secador por pulverización

5 Referencia cruzada con respecto a aplicaciones relacionadas

Esta solicitud de patente reivindica el beneficio de la solicitud de patente provisional estadounidense n.º 62/578.009, presentada el 27 de octubre de 2017, y la solicitud de patente provisional estadounidense n.º 62/658.295, presentada el 16 de abril de 2018.

10 Campo de la invención

La presente invención se refiere en general a secadores por pulverización y, más particularmente, a un aparato y métodos para secar por pulverización líquidos en forma de polvo seco.

15 Antecedentes de la invención

El secado por pulverización es un proceso muy conocido y ampliamente usado en el que se pulverizan suspensiones líquidas al interior de una cámara de secado en la que se introduce aire caliente para secar el líquido hasta convertirlo en polvo. La suspensión comúnmente incluye un líquido, tal como agua, un ingrediente, tal como un alimento, un sabor, o una preparación farmacéutica, y un portador. Durante el proceso de secado, el líquido se expulsa dejando el ingrediente en forma de polvo encapsulado dentro del portador. El secado por pulverización también se usa en la producción de polvos que no requieren encapsulación, tales como diversos productos alimenticios, aditivos y productos químicos.

Los sistemas de secado por pulverización comúnmente tienen una construcción relativamente masiva, que tienen torres de secado que pueden alcanzar varios pisos de altura. No solo es el propio equipo una inversión sustancial de capital, la instalación en la que se usa debe ser de tamaño y diseño suficientes para alojar tal equipo. Los requisitos de calentamiento para el medio de secado también pueden ser costosos.

Si bien es deseable usar boquillas de pulverización electrostáticas para generar partículas cargadas eléctricamente que faciliten un secado más rápido, debido a la construcción en gran parte de acero de tales sistemas de secador de pulverizador, el líquido cargado electrostáticamente puede cargar componentes del sistema de una manera, particularmente si se pone a tierra involuntariamente, que pueden impedir el funcionamiento de controles eléctricos y la operación de interrupción, dando como resultado la descarga de líquido no cargado que no se seca según la memoria descriptiva.

Si bien se sabe que se forma la cámara de secado de secadores por pulverización electrostática de un material no metálico para aislar mejor el sistema del líquido cargado eléctricamente, las partículas pueden adherirse y acumularse en las paredes de la cámara de secado, requiriendo limpieza que requiere mucho tiempo, lo que interrumpe el uso del sistema. Además, una limpieza de polvo seco muy fino que interrumpe el uso del sistema. Además, un polvo seco muy fino dentro de la atmósfera de aire de calentamiento en la cámara de secado puede crear una condición explosiva peligrosa a partir de una chispa inadvertida o mal funcionamiento de la boquilla de pulverización electrostática u otros componentes del sistema.

Tales sistemas de secador por pulverización también deben hacerse funcionar para secar por pulverización diferentes formas de suspensiones líquidas. En la industria de los aromatizantes, por ejemplo, puede ser necesario hacer funcionar el sistema con un ingrediente aromatizante de cítricos en una ejecución, mientras que en la siguiente operación se usa un ingrediente aromatizante de café. El material aromatizante residual que se adhiere a las paredes de la cámara de secado puede contaminar el sabor de los productos procesados posteriormente. En el área de preparaciones farmacéuticas, por supuesto, es imprescindible que las sucesivas ejecuciones de preparaciones farmacéuticas no estén contaminadas de forma cruzada.

Los sistemas de secador por pulverización existentes han carecido además de una fácil versatilidad. A veces es deseable ejecutar lotes más pequeños de un producto para secado que no requieran la utilización de todo el sistema de secado grande. Además, puede ser deseable alterar la manera en que el material se pulveriza y se seca en el sistema para aplicaciones particulares. Sin embargo, en otro procesamiento, puede ser deseable que las partículas finas se aglomeren durante el secado para facilitar mejor el uso final, tal como cuando se usa una disolución más rápida en líquidos con los que se usa. Los pulverizadores existentes, sin embargo, no se han prestado a una fácil alteración para albergar tales cambios en los requisitos de procesamiento.

Los secadores por pulverización tienden además a generar partículas muy finas que pueden permanecer en el aire en gas de secado saliente del sistema de secador y que deben filtrarse del gas que sale del sistema. Tal materia particulada fina puede obstruir rápidamente los filtros, impedir el funcionamiento eficiente del secador y requerir una limpieza frecuente de los filtros. Los secadores por pulverización existentes también han utilizado comúnmente disposiciones de separación de ciclones y filtros complejas para retirar la materia particulada en el aire. Tal equipo es

costoso y requiere un mantenimiento y una limpieza caros.

Otro problema con los sistemas de secador por pulverización es el daño potencial al producto acabado después de completar el proceso de secado. En particular, el daño al producto acabado puede producirse si se expone al gas de proceso cargado de humedad, exceso de calor u oxígeno. Por ejemplo, algunos productos secados por pulverización son muy higroscópicos y pueden reabsorber humedad después de que se complete el proceso de secado por pulverización si el producto se expone demasiado tiempo a la corriente de escape de secador cargado de humedad. Mientras que el enfriamiento por evaporación protege los productos secados por pulverización del daño provocado por la exposición al calor durante el proceso de secado por pulverización, algunos productos secados por pulverización solo pueden tolerar altas temperaturas durante un corto período antes de que comiencen a desnaturalizarse o degradarse, de otro modo. Por lo tanto, una exposición prolongada a una corriente de escape calentada puede provocar daños en el producto. Adicionalmente, algunos productos también pueden oxidarse si se exponen a oxígeno después de completar el proceso de secado.

Otro problema con los sistemas de secador por pulverización es el daño potencial al producto acabado después de completar el proceso de secado. En particular, el daño al producto acabado puede producirse si se expone al gas de proceso cargado de humedad, exceso de calor u oxígeno. Por ejemplo, algunos productos secados por pulverización son muy higroscópicos y pueden reabsorber humedad después de que se complete el proceso de secado por pulverización si el producto se expone demasiado tiempo a la corriente de escape del secador cargado de humedad. Mientras que el enfriamiento por evaporación protege los productos secados por pulverización del daño provocado por la exposición al calor durante el proceso de secado por pulverización, algunos productos secados por pulverización solo pueden tolerar altas temperaturas durante un corto período antes de que comiencen a desnaturalizarse o degradarse, de otro modo. Por lo tanto, una exposición prolongada a una corriente de escape calentada puede provocar daños en el producto. Adicionalmente, algunos productos también pueden oxidarse si se exponen a oxígeno después de completar el proceso de secado.

El documento US 2017/120267 da a conocer un secador por pulverización electrostática para secar líquido hasta convertirlo en polvo que incluye un cuerpo alargado que define una cámara de secado, un conjunto de boquilla de pulverización en un extremo de la cámara de secado y un alojamiento de elemento de filtro y cámara de recogida de polvo en un extremo opuesto. Un revestimiento no metálico no estructural está dispuesto dentro del cuerpo alargado en relación espaciada con una superficie de pared interna para definir una zona de secado interna. El revestimiento está soportado de manera liberable dentro del cuerpo para permitir la retirada y el reemplazo selectivos después de un uso particular. El cuerpo alargado ilustrado tiene una construcción modular que comprende una pluralidad de módulos, con al menos uno que puede retirarse y reemplazarse selectivamente para alterar la longitud de la cámara de secado para una aplicación de pulverización particular. El revestimiento también puede reemplazarse con un revestimiento de una longitud correspondiente a la longitud alterada de la cámara de secado o con un diámetro diferente para un uso particular.

Objetos y sumario de la invención

Según un primer aspecto de la invención, se proporciona un sistema de secado por pulverización que tiene todas las características de la reivindicación 1 de las reivindicaciones adjuntas.

Según un segundo aspecto de la invención, se proporciona un método de secado por pulverización de líquido que tiene todas las etapas expuestas en la reivindicación 8 de las reivindicaciones adjuntas.

Es un objeto de la presente invención proporcionar un sistema de secador por pulverización adaptado para un funcionamiento más eficiente y versátil.

Otro objetivo es proporcionar un sistema de secador por pulverización electrostático como se ha caracterizado anteriormente que sea relativamente pequeño de tamaño y de funcionamiento más fiable.

Otro objeto más es proporcionar un sistema de secador por pulverización electrostático que sea relativamente corto de altura y pueda instalarse y hacerse funcionar en ubicaciones sin requisitos especiales de edificios o techos.

Un objeto adicional es proporcionar un sistema de secador por pulverización electrostático del tipo anterior que sea eficaz para secar por pulverización diferentes lotes de producto sin contaminación cruzada.

Otro objeto más es proporcionar un sistema de secador por pulverización electrostático del tipo anterior que sea fácilmente modificable, tanto en técnicas de procesamiento como en tamaño, para aplicaciones de secado particulares.

Un objeto adicional es proporcionar un sistema de secador por pulverización electrostático que pueda hacerse funcionar para secar polvos de una manera que permita que las partículas finas se aglomeren para dar una forma que facilite mejor el uso posterior.

Otro objeto más es proporcionar un sistema de secador por pulverización electrostático que pueda hacerse funcionar

eficazmente con menores requisitos de calentamiento, y, por lo tanto, de manera más económica. Un objeto relacionado es proporcionar un sistema de secador por pulverización de tal tipo que pueda hacerse funcionar para secar eficazmente compuestos sensibles a temperatura.

5 Otro objetivo es proporcionar un sistema de secador por pulverización electrostático modular en el que los módulos puedan utilizarse selectivamente para requisitos de capacidad de secado diferentes y que se presta a reparación, mantenimiento, y reemplazo de módulo sin parar el funcionamiento del sistema de secador por pulverización.

10 Otro objeto más es proporcionar un sistema de secador por pulverización electrostático del tipo anterior que sea menos susceptible a fallos eléctricos y explosiones peligrosas a partir de polvo fino y la atmósfera de calentamiento dentro de la cámara de secado del sistema. Un objeto relacionado es proporcionar un control para un sistema de secador por pulverización de este tipo que sea eficaz para monitorizar y controlar posibles fallos eléctricos del sistema.

15 Otro objeto es proporcionar un sistema de secador por pulverización de este tipo que tenga un sistema de filtro para retirar de manera más efectiva y eficiente la materia particulada en el aire del gas de secado que sale del secador y con menores requisitos de mantenimiento.

20 Un objeto adicional es proporcionar un sistema de secador por pulverización como se ha caracterizado anteriormente en el que el sistema de filtro de gas de secado incluye medios para retirar de manera automática y más efectiva la acumulación de materia particulada en los filtros.

Un objeto adicional más es proporcionar un sistema de secador por pulverización electrostático de este tipo que sea relativamente simple en cuanto a construcción y que se preste a la fabricación económica.

25 Otro objeto es proporcionar un sistema de secador por pulverización que proteja de daños el producto acabado.

Otros objetos y ventajas de la invención se volverán evidentes tras leer la siguiente descripción detallada y tras la referencia a los dibujos.

30 **Breve descripción de los dibujos**

La figura 1 es una vista en alzado lateral de la torre de procesamiento de polvo del sistema de secador por pulverización ilustrado;

35 la figura 2 es una sección vertical de la torre de procesamiento de polvo mostrada en la figura 1;

la figura 3 es una perspectiva en despiece ordenado de la torre de procesamiento de polvo ilustrada;

40 la figura 3A es una vista en planta de un revestimiento flexible no permeable no ensamblado que puede usarse con la torre de procesamiento de polvo ilustrada;

la figura 3B es una vista en planta de una realización alternativa de un revestimiento similar al mostrado en la figura A1 pero hecho de un material de filtro permeable;

45 la figura 3C es una vista en planta de otra realización alternativa del revestimiento, en este caso hecho en parte de un material no permeable y en parte de un material de filtro permeable, que puede usarse con la torre de procesamiento de polvo ilustrada;

50 la figura 3D es una vista en planta de otra realización alternativa del revestimiento, en este caso hecho de un material rígido no conductor no permeable, que puede usarse con la torre de procesamiento de polvo ilustrada;

la figura 4 es una vista desde arriba ampliada del tapón o tapa superior de la torre de procesamiento de polvo ilustrada con una boquilla de pulverización electrostática soportada centralmente en la misma;

55 la figura 5 es una vista lateral del conjunto de boquilla de pulverización y tapón superior mostrado en la figura 4;

la figura 6 es una sección vertical ampliada del conjunto de boquilla de pulverización electrostática ilustrado;

60 la figura 7 es una sección fragmentada ampliada del cabezal de soporte de boquilla del conjunto de boquilla de pulverización electrostática ilustrado;

la figura 8 es una sección fragmentada ampliada del extremo de descarga del conjunto de boquilla de pulverización electrostática ilustrado;

65 la figura 8A es una sección fragmentada, similar a la figura 8, que muestra el conjunto de boquilla de pulverización con la punta de pulverización de descarga alterada para facilitar la pulverización de líquidos más viscosos;

la figura 9 es una sección transversal del conjunto de boquilla de pulverización electrostática ilustrado tomado en la línea de 9-9 en la figura 8;

5 la figura 10 es una sección fragmentada ampliada del cono de recogida de polvo y el alojamiento de elemento de filtro de la torre de procesamiento de polvo ilustrada;

la figura 10A es una perspectiva en despiece ordenado del cono de recogida de polvo y el alojamiento de elemento de filtro mostrados en la figura 10;

10 la figura 11 es una vista en alzado lateral, en sección parcial, de una realización alternativa del alojamiento de elemento de filtro para su uso con la torre de procesamiento de polvo ilustrada;

15 la figura 11A es una sección fragmentada ampliada de uno de los filtros del alojamiento del filtro mostrado en la figura 11, que muestra un dispositivo de limpieza de filtro de pulso de gas inverso del mismo en un estado inoperativo;

la figura 11B es una sección fragmentada ampliada, similar a la figura 11A, que muestra el dispositivo de limpieza de filtro de aire de pulso de gas inverso en una condición de funcionamiento;

20 la figura 12 es una vista en alzado lateral de una realización alternativa de un alojamiento de elemento de filtro y una cámara de recogida de polvo;

la figura 12A es una vista en planta superior del alojamiento de elemento de filtro y la cámara de recogida de polvo mostrados en la figura 12;

25 la figura 12B es una vista separada parcial ampliada del alojamiento de elemento de filtro y la cámara de recogida de polvo mostrados en la figura 12;

30 la figura 12C es una perspectiva en despiece ordenado del alojamiento de elemento de filtro y una cámara impelente de dirección de aire aguas arriba asociada mostrados en la figura 12;

la figura 13 es una sección fragmentada que muestra la disposición de sujeción para asegurar la cubierta superior a la cámara de secado con un conjunto de anillo de separación de revestimiento superior asociado;

35 la figura 13A es una sección fragmentada, similar a la figura 12, pero que muestra la disposición de sujeción para asegurar la cámara de secado al cono de recogida de polvo con un conjunto de anillo de separación de revestimiento inferior asociado;

la figura 14 es una vista fragmentada ampliada de uno de los elementos de sujeción ilustrados;

40 la figura 15 es un esquema del sistema de secador por pulverización ilustrado;

la figura 15A es un esquema de una realización alternativa de un secador por pulverización que puede hacerse funcionar para refrigeración por pulverización de corrientes de flujo fundidas para dar partículas solidificadas;

45 la figura 16 es una sección fragmentada que muestra la bomba de suministro de fluido y su motor de accionamiento asociado para el sistema de secado por pulverización ilustrado;

50 la figura 16A es una sección vertical de la bomba de suministro de fluido ilustrada soportada dentro de un alojamiento no conductor externo;

la figura 17 es una vista desde arriba ampliada del revestimiento de aislamiento ilustrado y su conjunto de soporte de anillo de separación;

55 la figura 18 es una vista desde arriba ampliada, similar a la figura 17, pero que muestra un conjunto de anillo de separación que soporta un revestimiento de aislamiento de menor diámetro;

la figura 19 es una vista en alzado lateral ampliada del tapón superior de la torre de procesamiento de polvo ilustrada que soporta una pluralidad de conjuntos de boquilla de pulverización electrostática;

60 la figura 20 es una vista desde arriba del tapón superior mostrado en la figura 19;

la figura 21 es una sección vertical de la torre de procesamiento de polvo ilustrada, modificada para soportar la boquilla de pulverización electrostática centralmente adyacente a una parte inferior de la cámara de secado de la misma para la dirección hacia arriba del líquido pulverizado para su secado;

65

la figura 22 es una vista esquemática en alzado lateral del soporte de montaje inferior del conjunto de boquilla de pulverización electrostática mostrado en la figura 21;

5 la figura 23 es una vista desde arriba del conjunto de boquilla de pulverización electrostática y el soporte de montaje inferior mostrado en la figura 22;

la figura 24 es una sección ampliada de una de las varillas de soporte para el soporte de montaje inferior de boquilla de pulverización mostrado en las figuras 22 y 23;

10 la figura 25 es un gráfico que muestra configuraciones alternativas para el sistema de secado de polvo ilustrativo;

la figura 25A es un esquema de una realización alternativa de un sistema de secador por pulverización en el que se introduce gas nitrógeno fresco en la línea de recirculación de gas del sistema;

15 la figura 25B es un esquema de otra realización alternativa de un sistema de secador por pulverización que utiliza un conjunto de bolsa de filtro/separador ciclónico para filtrar materia particulada de una corriente de gas de secado recirculante;

20 la figura 25C es una realización alternativa, similar a la figura 25B, y cuyas partículas finas secadas separadas en el separador ciclónico se reintroducen en la cámara de secado;

la figura 25D es otra realización alternativa del sistema de secador por pulverización que tiene una pluralidad de filtros de lecho fluido para filtrar materia particulada del gas de secado recirculante;

25 la figura 26 es un diagrama de flujo para un método de funcionamiento de un método de recuperación de falla de generador de tensión para su uso en un sistema de secador por pulverización electrostático según la divulgación;

la figura 27 es un diagrama de flujo para un método de modulación de un ancho de pulso en una boquilla de pulverización electrostática para su uso en un sistema de secador por pulverización electrostático según la divulgación;

30 la figura 28 es una representación esquemática vista desde arriba de un sistema de secador por pulverización modular que tiene una pluralidad de torres de procesamiento de polvo;

35 la figura 29 es una vista en planta frontal del sistema de secador por pulverización modular mostrado en la figura 28; y

la figura 30 es una vista desde arriba del sistema de secador por pulverización modular, similar a la figura 28, pero que tiene torres de procesamiento de polvo adicionales.

40 La figura 31 es una vista en alzado lateral de un sistema de recogida de polvo de un sistema de secado por pulverización según la invención.

La figura 32 es una vista en sección transversal ampliada del recipiente de recogida del sistema de recogida de polvo de la figura 31.

45 La figura 33 es una vista esquemática del sistema de alimentación del gas de cobertura para el sistema de recogida de polvo de las figuras 31 y 32.

50 La figura 34 es un esquema de una divulgación alternativa, que no forma parte de la invención, de un secador por pulverización que puede hacerse funcionar para la refrigeración por pulverización de corrientes de flujo fundido para dar partículas sólidas.

La figura 35 es una vista en sección ampliada del conjunto de boquilla pulverizadora por pulsación del sistema de secado por pulverización de la figura 34.

55 Si bien la invención es susceptible de diversas modificaciones y construcciones alternativas, determinadas realizaciones ilustrativas de las mismas se han mostrado en los dibujos y se describirán a continuación en detalle. Debe entenderse, sin embargo, que no hay intención de limitar la invención a las formas específicas dadas a conocer, pero, por el contrario, la intención es cubrir todas las modificaciones, construcciones alternativas, y equivalentes que se encuentran dentro del alcance de la invención como se define por las reivindicaciones adjuntas.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

65 Con referencia ahora más particularmente a los dibujos, se muestra un sistema de secado por pulverización ilustrativo 10 según la invención que incluye una torre de procesamiento 11 que comprende una cámara de secado 12 en forma de una estructura cilíndrica vertical, una disposición de cierre superior en forma de una cubierta o tapa 14 para la

cámara de secado 12 que tiene una entrada de aire de calentamiento 15 y un conjunto de boquilla de pulverización de líquido 16, y una disposición de cierre inferior en forma de un cono de recogida de polvo 18 soportado en la parte inferior de la cámara de secado 12, un alojamiento de elemento de filtro 19, a través del cual se extiende el cono de recogida de polvo 18, que tiene una salida de escape de aire de calentamiento 20, y una cámara inferior de recogida de polvo 21. La cámara de secado 12, el cono de recogida 18, el alojamiento de elemento de filtro 19, y la cámara de recogida de polvo 21 están todos hechos preferiblemente de acero inoxidable. La cubierta superior 14 está hecha preferiblemente de plástico u otro material no conductor y, en este caso, soporta centralmente el conjunto de boquilla de pulverización 16. La entrada de aire de calentamiento 15 ilustrada está orientada para dirigir el aire calentado hacia la cámara de secado 12 en una dirección de vórtice tangencial. Un almacén 24 soporta la torre de procesamiento 11 en condición vertical.

Según un aspecto importante de esta realización, el conjunto de boquilla de pulverización 16, como se representa mejor en las figuras 6-9, es un conjunto de boquilla de pulverización electrostática asistida por aire presurizado para dirigir una pulverización de partículas cargadas electrostáticamente al interior de la cámara de secado 12 para un secado rápido y eficiente de suspensiones líquidas para dar la forma de polvo deseada. El conjunto de boquilla de pulverización ilustrado 16, que puede ser de un tipo dado a conocer en la solicitud internacional WO2015/042504 A1, incluye un cabezal de soporte de boquilla 31, un cuerpo o barril de boquilla alargado 32 que se extiende aguas abajo del cabezal 31, y un conjunto de punta de pulverización de descarga 34 en un extremo aguas abajo del cuerpo de boquilla alargado 32. El cabezal 31 en este caso está hecho de plástico u otro material no conductor y está formado con un paso de entrada de líquido radial 36 que recibe y se comunica con un elemento de ajuste de entrada de líquido 38 para acoplarse a una línea de entrega 131 que se comunica con un suministro de líquido. Se entenderá que el líquido de suministro puede ser cualquiera de una variedad de suspensiones o líquidos similares que pueden secarse para dar forma de polvo, incluyendo suspensiones líquidas que tienen un disolvente, tal como agua, un ingrediente deseado, tal como un aromatizante, alimentos, una preparación farmacéutica, o similares, y un portador tal que, tras secarse para dar forma de polvo, el ingrediente deseado se encapsula dentro del portador como se conoce en la técnica. También pueden usarse otras formas de suspensiones incluyendo líquidos que no incluyen un portador o requieren la encapsulación de los productos secados.

El cabezal de soporte de boquilla 31 en este caso está formado además con un paso de entrada de atomización de aire presurizado radial 39 aguas abajo de dicho paso de entrada de líquido 36 que recibe y se comunica con un elemento de ajuste de entrada de aire 40 acoplado a un suministro de gas presurizado adecuado. El cabezal 31 también tiene un paso radial 41 aguas arriba del paso de entrada de líquido 36 que recibe un elemento de ajuste 42 para asegurar un cable de alta tensión 44 conectado a una fuente de alta tensión y que tiene un extremo 44a que se extiende dentro del paso 41 en relación de contacto eléctricamente contiguo con un electrodo 48 soportado axialmente dentro del cabezal 31 y que se extiende aguas abajo del paso de entrada de líquido 36.

Para permitir paso de líquido a través del cabezal 31, el electrodo 48 está formado con un paso axial interno 49 que se comunica con el paso de entrada de líquido 36 y que se extiende aguas abajo a través del electrodo 48. El electrodo 48 está formado con una pluralidad de pasos radiales 50 que se comunican entre el paso de entrada de líquido 36 y el paso axial interno 49. El electrodo 48 ilustrado tiene un buje radial que se extiende hacia fuera aguas abajo 51 encajado dentro de una perforación contraria del cabezal 31 con una junta tórica de sellado 52 interpuesta entre los mismos.

El cuerpo alargado 32 es en forma de un miembro de cuerpo cilíndrico externo 55 hecho de plástico u otro material no conductor adecuado, que tiene un extremo aguas arriba 55a enganchado de manera roscada dentro de una perforación roscada del cabezal 31 con una junta tórica de sellado 56 interpuesta entre el miembro de cuerpo cilíndrico 55 y el cabezal 31. Un tubo de alimentación de líquido 58, hecho de acero inoxidable u otro metal eléctricamente conductor, se extiende axialmente a través del miembro de cuerpo cilíndrico externo 55 para definir un paso de flujo de líquido 59 para comunicar líquido entre el paso de líquido de electrodo axial 49 y el conjunto de punta de pulverización de descarga 34 y para definir un paso de aire de atomización anular 60 entre el tubo de alimentación de líquido 58 y el miembro de cuerpo cilíndrico externo 55. Un extremo aguas arriba del tubo de alimentación de líquido 58 que sobresale por encima del extremo de entrada roscado 55a del cuerpo de boquilla cilíndrico externo 55 encaja dentro de una perforación cilíndrica que se abre hacia abajo 65 en el buje de electrodo 51 en relación de conducción eléctrica. Con el electrodo 48 cargado por el cable de alta tensión 44, se observará que la alimentación de líquido al paso de entrada 36 se cargará eléctricamente durante su recorrido a través del paso de electrodo 49 y el tubo de alimentación de líquido 58 a lo largo de toda la longitud del cuerpo de boquilla alargado 32. El gas presurizado en este caso se comunica a través del paso de entrada de aire radial 39 alrededor del extremo aguas arriba del tubo de alimentación de líquido 58 y luego en el paso de aire anular 60 entre el tubo de alimentación de líquido 58 y el miembro de cuerpo cilíndrico exterior 55.

El tubo de alimentación de líquido 58 está dispuesto en relación de contacto eléctrico con el electrodo 48 para cargar líquido eléctricamente de manera eficiente a lo largo de su paso desde el cabezal 31 y a través del miembro de cuerpo de boquilla alargado 32 al conjunto de punta de pulverización de descarga 34. Con ese fin, el conjunto de punta de pulverización de descarga 34 incluye una punta de pulverización 70 que tiene una sección cilíndrica aguas arriba 71 en relación circundante con un extremo aguas abajo del tubo de alimentación de líquido 58 con una junta tórica de sellado 72 interpuesta entre los mismos. La punta de pulverización 70 incluye una sección intermedia ahusada o cónica

hacia dentro 74 y una sección de parte saliente cilíndrica aguas abajo 76 que define un paso de flujo cilíndrico 75 y un orificio de descarga de líquido 78 de la punta de pulverización 70. La punta de pulverización 70 en este caso tiene una brida de retención radial segmentada 78 que se extiende hacia fuera de la sección cilíndrica aguas arriba 71 que define una pluralidad de pasos de aire 77, como se volverá evidente.

Para canalizar el líquido desde el tubo de alimentación 58 al interior de y a través de la punta de pulverización 70 mientras continúa cargando electrostáticamente el líquido a medida que se dirige a través de la punta de pulverización 70, una unidad de pasador eléctricamente conductora 80 se soporta dentro de la punta de pulverización 70 en relación conductora eléctricamente contigua al extremo aguas abajo del tubo de alimentación 58. La unidad de pasador 80 en este caso comprende una sección de buje cilíndrico aguas arriba 81 formada con una sección de pared cónica aguas abajo 82 soportada dentro de la sección cónica intermedia 74 de la punta de pulverización 70. La sección de buje cilíndrico 81 está formada con una pluralidad de pasajes de flujo de líquido radiales circunferencialmente espaciados 83 (figura 8) que se comunican entre el tubo de alimentación de líquido 58 y la sección de paso de punta de pulverización cilíndrica 75. Se observará que la unidad de pasador eléctricamente conductora 80, cuando se asienta dentro de la punta de pulverización 70, soporta físicamente en relación contigua el extremo aguas abajo del tubo de alimentación de líquido 58.

Para concentrar la carga eléctrica en el líquido que se descarga desde la punta de pulverización, la unidad de pasador 80 tiene un pasador de electrodo central que se extiende hacia abajo 84 soportado en relación concéntrica con el paso de punta de pulverización 75 de manera que el orificio de descarga de líquido 78 está dispuesto de manera anular alrededor del pasador de electrodo 84. El pasador de electrodo 84 tiene un extremo puntiagudo gradualmente ahusado que se extiende una distancia, tal como entre aproximadamente $\frac{1}{4}$ y $\frac{1}{2}$ pulgada (0,635 y 1,27 cm), más allá del orificio de descarga de punta de pulverización anular 78. El contacto aumentado del líquido alrededor del pasador de electrodo saliente 84 a medida que sale de la punta de pulverización 70 mejora aún más la concentración de la carga en el líquido de descarga para mejorar la ruptura y distribución de partículas líquidas.

Alternativamente, como se representa en la figura 8A, cuando se pulverizan líquidos más viscosos, el conjunto de punta de pulverización de descarga 34 puede tener una sección de buje 81, similar a la descrita anteriormente, pero sin el pasador de electrodo central que se extiende hacia abajo 84. Esta disposición proporciona un paso más libre del líquido más viscoso a través de la punta de pulverización, mientras que la carga electrostática para descargar líquido sigue mejorando la ruptura del líquido para un secado más eficiente de tales líquidos viscosos.

El conjunto de punta de pulverización de descarga 34 incluye además un tapón de aire o gas 90 dispuesto alrededor de la punta de pulverización 70 que define un paso de aire de atomización anular 91 alrededor de la punta de pulverización 70 y que retiene la punta de pulverización 70, la unidad de pasador 80, y el tubo de alimentación de líquido 58 en relación conductora ensamblada entre sí. El tapón de aire 90 en este caso define una sección de paso de flujo de aire presurizado cónica 91a alrededor del extremo aguas abajo de la punta de pulverización 70 que se comunica a través de los pasos de aire separados circunferencialmente 77 en la brida de retención 78 de la punta de pulverización con el paso de aire anular 60 entre el tubo de alimentación de líquido 58 y el miembro de cuerpo cilíndrico externo 55 para dirigir una corriente de descarga de aire o gas presurizado a través de un orificio de descarga anular 93 alrededor de la parte saliente de punta de pulverización 76 y la descarga de líquido desde el orificio de descarga de líquido de la punta 78. Para retener los componentes internos de la boquilla de pulverización en relación ensamblada, el tapón de aire 90 tiene un extremo cilíndrico aguas arriba 95 en enganche roscado alrededor de un extremo roscado externo aguas abajo del miembro cilíndrico exterior 55. El tapón de aire 90 tiene una perforación contrario 96 que recibe y soporta la brida radial 78 segmentada de la punta de pulverización 70 para soportar la punta de pulverización 70, y, por lo tanto, la unidad de pasador 80 y el tubo de alimentación de líquido 58 en relación de conducción eléctrica con el electrodo aguas arriba 48.

El conjunto de boquilla de pulverización 16 puede hacerse funcionar para descargar una pulverización de partículas líquidas cargadas electrostáticamente en la cámara de secado 12. En la práctica, se ha encontrado que el conjunto de boquilla de pulverización electrostática 16 ilustrado puede hacerse funcionar para producir gotas de partículas líquidas extremadamente finas, tal como del orden de 70 micrómetros de diámetro. Como se volverá evidente, debido a la naturaleza de ruptura y repelencia de tales partículas de pulverización de líquido finas y gas de secado calentado introducido en la cámara de secado, tanto desde la entrada de aire de calentamiento 15 como desde el conjunto de boquilla de pulverización asistida por aire 16, las partículas líquidas son susceptibles de secado rápido y eficiente para dar forma de partículas finas. Se entenderá que, aunque se ha encontrado que el conjunto de boquilla de pulverización electrostática 16 ilustrado tiene una utilidad particular en relación con la presente invención, podrían usarse otros sistemas y boquillas de pulverización electrostática, incluyendo boquillas de pulverización rotatorias hidráulicas electrostáticas y boquillas de pulverización electrostáticas de baja presión y alto volumen de tipos conocidos.

Según una característica importante adicional de la presente realización, la cámara de secado 12 tiene un revestimiento de aislamiento interno no metálico 100 dispuesto en relación espaciada concéntrica con la superficie de pared interior 12a de la cámara de secado 12 en la que se descargan partículas de pulverización líquida cargadas electrostáticamente desde el conjunto de boquilla de pulverización 16. Como se representa en la figura 2, el revestimiento tiene un diámetro d menor que el diámetro interno $d1$ de la cámara de secado 12 para proporcionar un espacio de aire de aislamiento 101, preferiblemente de al menos aproximadamente 2 pulgadas (aproximadamente 5

cm), con la superficie de pared externa 12a de la cámara de secado 12, pero pueden usarse otras dimensiones. En esta realización, el revestimiento 100 es no estructural, está hecho preferiblemente de un material de plástico flexible no permeable 100a (figuras 3 y 3A). Alternativamente, como se volverá evidente, puede estar hecho de un material no conductor no permeable rígido 100c (figura 3D), un material de filtro permeable 100b (figura 3B), o en parte un material no permeable 100a y en parte un material de filtro permeable 100b (figura 3C).

Según otro aspecto de la presente realización, la torre de procesamiento 11 tiene una construcción ensamblada de desconexión rápida que facilita el ensamblaje y el montaje del revestimiento anular 100 en relación eléctricamente aislada con la pared externa de la cámara de secado 12. Con este fin, el revestimiento de aislamiento anular 100 se soporta en extremos opuestos por respectivos conjuntos de anillo de separación superior e inferior 104 (figuras 1, 3, 13, 13A, 14 y 17). Cada conjunto de anillo 104 en este caso incluye un anillo de separación cilíndrico interno 105 al que está unido un extremo del revestimiento 100 y una pluralidad de espárragos de separación de polipropileno u otro plástico no conductores circunferencialmente espaciados 106 se fijan en relación radial extendida hacia fuera con el anillo de separación 105. En la realización ilustrada, el extremo superior del revestimiento 100 se pliega sobre la parte superior del anillo de separación 105 del conjunto de anillo superior 104 y se fija al mismo mediante una junta anular de caucho configurada en U 108 posicionada sobre el extremo plegado del revestimiento 100 y el anillo de separación 105 (figura 13). El extremo inferior del revestimiento 100 se orienta de manera similar alrededor de la parte inferior del anillo de separación 105 del conjunto de anillo inferior 104 y se asegura al mismo mediante una junta de caucho similar 108 (figura 13). También se soportan juntas de caucho similares 108 en los extremos internos opuestos de los anillos de separación cilíndricos 105 de los conjuntos de anillo 104 para proteger el revestimiento 100 de daños por los bordes expuestos de los anillos de separación 105.

Para asegurar cada conjunto de anillo de separación 104 dentro de la cámara de secado 12, se fija un anillo de montaje 110 respectivo, tal como mediante soldadura, a un lado externo de la cámara de secado 12. Los tornillos de montaje de acero inoxidable 111 se extienden a través de aberturas alineadas en el anillo de montaje 110 y la pared externa de la cámara de secado 12 para enganchar de manera roscada los montantes espárragos de separación de aislamiento 106. En este caso, se proporciona una junta tórica de caucho 112 alrededor del extremo de cada espárrago de separación 106 para sellar la pared interna de la cámara de secado 12, y una arandela de sellado unida a neopreno 114 está dispuesta alrededor del cabezal de cada tornillo de retención 111.

Para asegurar la cubierta superior de cámara de secado 14 en su lugar en la cámara de secado 12 en relación sellada con el conjunto de anillo de separación superior 104, se aseguran conjuntos de enganche liberables espaciados 121 de una matriz anular 120 (figuras 1 y 2) al anillo de montaje 110 (figuras 13-14) en ubicaciones separadas circunferencialmente entre los espárragos de separación 106. Los conjuntos de enganche 121 pueden ser de un tipo conocido que tiene un gancho de tracción que se extiende hacia arriba 122 que puede posicionarse sobre un borde marginal superior de la cubierta 14 y extraerse hacia abajo hasta una posición bloqueada como un concomitante al movimiento pivotante hacia abajo de un brazo de enganche 124 a una posición de enganche para retener la cubierta superior 14 contra la junta en forma de U 108 alrededor del borde superior del anillo de separación 105 y una junta en forma de U anular de diámetro grande similar 126 alrededor de un borde superior de la cámara de secado cilíndrica 12. Los conjuntos de enganche 121 pueden desengancharse fácilmente mediante un movimiento pivotante inverso de los ganchos de enganche 124 para mover los ganchos de tracción 122 hacia arriba y hacia fuera para permitir la retirada de la cubierta superior 14 cuando sea necesario. Una matriz anular similar 120a de conjuntos de enganche 121 se proporciona alrededor de un anillo de montaje 110 adyacente a la parte inferior de la cámara de secado 12, que tiene, en este caso, ganchos de tracción 124 posicionados hacia abajo en relación de superposición con una brida que se extiende hacia fuera 129 del cono de recogida 18 para retener la brida 129 del cono de recogida 18 en relación sellada con juntas de caucho 108, 126 alrededor del borde inferior del anillo de separación 105 y el borde cilíndrico inferior de la cámara de secado 12 (figura 13A). Se entenderá que para aplicaciones particulares el revestimiento 100, las juntas tóricas y otras juntas de sellado 108, 126 pueden estar hechas o no de materiales compatibles con la FDA.

Durante el funcionamiento del conjunto de boquilla de pulverización electrostática 16, líquido suministrado al conjunto de boquilla de pulverización electrostática 16 desde un suministro de líquido, que en este caso es un tanque de contención de líquido 130 como se representa en la figura 15, se dirige por el conjunto de boquilla de pulverización electrostática 16 al interior de una zona de secado eficaz 127 definida por el revestimiento anular 100. Se suministra líquido desde el tanque de contención de suministro de líquido 130 a través de una línea de suministro o entrega de líquido 131 conectada al elemento de ajuste de entrada de líquido 38 del conjunto de boquilla de pulverización 16 a través de una bomba 132, que preferiblemente es una bomba de dosificación peristáltica que tiene un sistema de rodillos de direccionamiento de líquido que puede hacerse funcionar de manera convencional. La bomba de dosificación peristáltica 132 en este caso, como se representa en la figura 16A, comprende tres rodillos de bomba aislados eléctricamente de plástico 33 dentro de un alojamiento de bomba de plástico 37. La línea de suministro o entrega de líquido 131 en este caso es un tubo apantallado eléctricamente, y la cámara de secado de acero inoxidable 12 está puesta a tierra preferiblemente mediante una línea de puesta a tierra aprobada a través del almacén de soporte 24 al que está asegurada con contacto de metal a metal.

Un controlador electrónico 133 está conectado operativamente a los diversos accionadores y dispositivos eléctricos o electrónicos del sistema de secador por pulverización electrostática tal como un motor eléctrico 134, la bomba 132, el conjunto de boquilla de pulverización de líquido 16, un generador de alta tensión que proporciona tensión eléctrica al

cable de alta tensión 44, y otros, y funciona para controlar su funcionamiento. Si bien se muestra un solo controlador, debe apreciarse que puede usarse una disposición de controlador distribuida que incluye más de un controlador. Como se muestra, el controlador 133 es capaz de hacerse funcionar en respuesta a un programa tal como un controlador lógico programable. Las diversas conexiones que pueden hacerse funcionar entre el controlador 133 y los diversos otros componentes del sistema se omiten de la figura 15 por claridad.

Según un aspecto adicional de la presente realización, la bomba 132 se hace funcionar por el motor eléctrico 134 (figura 16) dispuesto en relación eléctricamente aislada con la bomba 132 y la línea de suministro de líquido 131 que acopla la bomba 132 al conjunto de boquilla de pulverización 16 para evitar una carga eléctrica al motor 134 desde líquido cargado electrostáticamente por el conjunto de boquilla de pulverización 16. Con ese fin, el motor de accionamiento 134 tiene un árbol de salida 135 acoplado a un árbol de accionamiento de cabezal de bomba 136 por un segmento de accionamiento eléctricamente no conductor 138, tal como hecho de un nailon rígido, que aísla la bomba 132 del motor de accionamiento eléctrico 134. El segmento de accionamiento no conductor 138 en la realización ilustrada tiene un diámetro de aproximadamente 1,5 pulgadas (aproximadamente 3,8 cm) y una longitud axial de aproximadamente 5 pulgadas (aproximadamente 12,7 cm). El árbol de accionamiento de motor eléctrico 135 en este caso porta una placa de unión 139 que está fijada al segmento de accionamiento no conductor 138 mediante tornillos 141. El árbol de accionamiento de cabezal de bomba 136 porta de manera similar una placa de unión 140 fijada por tornillos 141 al extremo opuesto del segmento de accionamiento no conductor 138.

Un generador de tensión electrostática 222 está conectado eléctricamente al conjunto de boquilla 16 a través de una línea eléctrica 224 para proporcionar una tensión que carga electrostáticamente las gotas de líquido pulverizadas. En la realización ilustrada, la línea eléctrica 224 incluye un elemento de resistor variable 226, que es opcional y que puede ajustarse manual o automáticamente para controlar la tensión y la corriente proporcionadas al conjunto de boquilla de pulverización 16. Un cable de puesta a tierra opcional 228 también está conectado eléctricamente entre la línea de suministro de líquido 131 y una puesta a tierra 232. El cable de puesta a tierra 228 incluye un resistor variable 230 que puede ajustarse manual o automáticamente para controlar una tensión que está presente en el fluido. En la realización ilustrada, el cable de puesta a tierra se coloca antes de la bomba 132 para controlar el estado de carga eléctrica del fluido proporcionado al sistema. El sistema puede incluir además sensores que comunican el estado cargado del fluido al controlador 133 de modo que el sistema pueda monitorizar automáticamente y controlar selectivamente el estado de carga del líquido controlando la resistencia del resistor de puesta a tierra variable 230 para purgar la carga fuera de la línea de líquido en el sistema.

El motor de accionamiento 134, que también está puesto a tierra adecuadamente, en este caso está soportado dentro de un alojamiento de montaje de motor de plástico no conductor 144. El tanque de contención de líquido ilustrado 130 está soportado en una escala de líquido 145 para permitir la monitorización de la cantidad de líquido en el tanque 130, y se proporciona una barrera de aislamiento eléctrico 146 entre el lado inferior del tanque de contención de líquido 130 y la escala 145. Se entenderá que en lugar de la bomba peristáltica 132, podrían usarse recipientes de presión de plástico y otros tipos de bombas y sistemas de entrega de líquido que pueden aislarse eléctricamente de su sistema de funcionamiento eléctrico.

El gas presurizado dirigido al elemento de ajuste de entrada de aire de atomización 18 del conjunto de boquilla de pulverización 16 en este caso se origina a partir de un suministro de nitrógeno a granel 150 que se comunica con el elemento de ajuste de entrada de aire de atomización 18 del conjunto de boquilla de pulverización 16 a través de una línea de suministro de gas 151 (figura 15). Se proporciona un calentador de gas 152 en la línea de suministro 151 para permitir que se suministre gas nitrógeno inerte seco al conjunto de boquilla de pulverización 16 a una temperatura y presión controladas. Se entenderá que, aunque el nitrógeno se describe como el gas de atomización en conexión con la presente realización, podrían usarse otros gases inertes, o podrían usarse otros gases con aire siempre que el nivel de oxígeno dentro de la cámara de secado se mantenga por debajo de un nivel que cree una atmósfera de combustión con las partículas de polvo seco dentro de la cámara de secado que sea inflamable por una chispa u otro fallo de funcionamiento eléctrico del conjunto de boquilla de pulverización electrostática u otros elementos controlados electrónicamente del sistema de secado.

Según un aspecto importante adicional de la presente realización, el gas de atomización de nitrógeno calentado suministrado al conjunto de boquilla de pulverización 16 y dirigido al interior de la cámara de secado 12 como un concomitante a la atomización de líquido que está pulverizándose al interior de la cámara de secado 12 se recircula continuamente a través de la cámara de secado 12 como el medio de secado. Como se entenderá con referencia adicional a la figura 15, el gas de secado introducido en la cámara de secado 12 tanto desde la entrada de gas de secado 15 como desde el conjunto de boquilla de pulverización 16 circulará la longitud de la cámara de secado 12 secando eficientemente las partículas líquidas cargadas electrostáticamente pulverizadas al interior de la cámara de secado 12 para dar forma de polvo. El polvo secado migrará a través del cono de recogida de polvo 18 al interior de la cámara de recogida de polvo 21, donde puede retirarse por medios apropiados, ya sea manualmente o por otros medios automatizados.

El cono de recogida de polvo 18 ilustrado, como se representa mejor en las figuras 10 y 10A, tiene una sección cilíndrica superior 155, una sección intermedia cónica ahusada hacia dentro 156, y una sección de entrega de polvo cilíndrica inferior 158 que se extiende centralmente a través del alojamiento de elemento de filtro 19 para canalizar el

polvo secado al interior de la cámara de recogida de polvo 21. El alojamiento de elemento de filtro 19 en este caso tiene un par de filtros anulares HEPA apilados verticalmente 160 montados en una relación espaciada hacia fuera circundante con las secciones inferiores del cono de recogida de polvo 18. El cono de recogida de polvo 18 ilustrado tiene una brida radial que se extiende hacia fuera 161 intermedia entre sus extremos posicionados sobre el filtro superior 160 en el alojamiento de elemento de filtro 19 con un sello anular 162 interpuesto entre la brida radial 161 y el alojamiento de elemento de filtro 19. Mientras que la mayor parte del polvo secado caerá hacia abajo a través del cono de recogida 18 al interior de la cámara de recogida de polvo 19, solo las partículas más finas permanecerán atrapadas en el gas de secado a medida que migra hacia arriba alrededor de las secciones inferiores del cono de recogida de polvo 18 y luego hacia fuera a través de los filtros HEPA 160 que restringen y filtran el polvo fino, antes de salir a través de la salida de gas de escape 20 del alojamiento de filtro 19.

Alternativamente, como se representa en las figuras 11, 11A y 11B, puede usarse un alojamiento de elemento de filtro 19a que comprende una pluralidad de filtros cilíndricos circunferencialmente espaciados 160a que están montados en relación vertical dependiente de un panel de soporte transversal intermedio 163 de un alojamiento 19a. El gas latente con partículas de polvo dirigidas desde el cono de recogida 18 al interior de una cámara de recogida inferior fluye transversalmente a través de los filtros 160a al interior de una cámara impelente de escape común 164 dentro del alojamiento de elemento de filtro 19a por encima del panel de soporte transversal 163 para la comunicación a través de un puerto de salida 20a restringiéndose las partículas del flujo de aire por los filtros 160a. Para limpiar periódicamente los filtros 160a, cada uno de los filtros 160a tiene un respectivo dispositivo de limpieza de filtro de aire de pulso inverso 167 de un tipo descrito en la patente estadounidense n.º 8.876.928 asignada al mismo solicitante que la presente solicitud. Cada uno de los dispositivos de limpieza de filtro de aire de pulso inverso 167 tiene una línea de suministro de gas respectiva 167a para acoplarse a un suministro de aire pulsado.

Los dispositivos de limpieza de filtro de aire de pulso inverso ilustrados 21, como se representa en las figuras 11A y 11B, incluyen cada uno una boquilla de pulso inverso 240 que tiene una entrada de gas 241 en una pared superior de la cámara impelente de escape 164 fijada por un retenedor anular 242 para la conexión a la línea de suministro de gas comprimido 167a acoplada a una fuente de gas presurizado, tal como nitrógeno. La boquilla 240 tiene una construcción inferior cerrada cilíndrica que define un pasaje de aire interno hueco 244 que se extiende desde la entrada 241 a través de la cámara impelente de escape 164 y sustancialmente la longitud del filtro 160a. La boquilla 240 está formada con una pluralidad de orificios de descarga de diámetro relativamente grande 246 en una sección dentro de la cámara impelente de escape 164 y una pluralidad de orificios de descarga de aire de menor tamaño 248 en la longitud de la boquilla 240 dentro del filtro 160a.

Para interrumpir el flujo de gas de proceso desde el alojamiento de elemento de filtro 19a hasta la cámara impelente de escape 164 durante el funcionamiento de la boquilla de pulso inverso 240, un puerto de escape anular que corta el émbolo 249 está dispuesto encima de la boquilla de pulso inverso 160a para movimiento axial dentro de la cámara impelente de escape 164 entre las posiciones de abertura y cierre de puerto de escape. Para controlar el movimiento del émbolo 249, un cilindro de émbolo de abertura inferior 250 está montado en relación de dependencia sellada de la pared superior de la cámara impelente de escape 164. El émbolo 249 ilustrado incluye una brida de guía y sellado anular superior de diámetro relativamente pequeño 252 que tiene un perímetro externo adaptado para enganche de sellado deslizante con el interior del cilindro 250 y un cabezal de válvula inferior de diámetro más grande 254 dispuesto debajo del extremo terminal inferior del cilindro 250 para enganche de sellado con un puerto de escape 253 en el panel 163. El émbolo 249 está hecho preferiblemente de un material resiliente, y la brida de guía y sellado superior 252 y el cabezal de válvula inferior 254 tienen configuraciones en forma de copa o ahusadas hacia abajo.

El émbolo 249 está dispuesto para un movimiento axial limitado a lo largo de la boquilla de pulso inverso 240 y se desvía a una posición normalmente abierta o retraída, como se muestra en la figura 3, mediante un resorte helicoidal 256 fijado alrededor del perímetro externo de la boquilla de pulso inverso 240. Con el émbolo de válvula 249 desviado a tal posición, fluye gas de proceso desde el alojamiento de elemento de filtro 19a a través del filtro 160a, el puerto de escape 253 y al interior de la cámara impelente de escape 164.

Durante un ciclo de limpieza de gas de pulso inverso, se dirige un pulso de gas comprimido a través de la boquilla de pulso inverso 240 desde la línea de entrada 167a. A medida que el gas comprimido se desplaza a través de la boquilla 160a, primero se dirige a través de los orificios de accionamiento de émbolo o de diámetro más grande 246 al interior del cilindro de émbolo 250 por encima de la brida de guía y sellado de émbolo 252 y luego a través de los orificios de boquilla de pulso inverso más pequeños 248. Dado que los orificios más grandes 249 proporcionan la trayectoria de menos resistencia, el gas fluye primero al interior del cilindro de émbolo 250 y a medida que aumenta la presión en el cilindro de émbolo 250, fuerza el émbolo 249 hacia abajo contra la fuerza de desviación del resorte 256. Finalmente, la presión se acumula hasta un punto en el que supera la fuerza del resorte 256 y fuerza el émbolo 249 hacia abajo hacia el puerto de escape 253 sellándolo temporalmente. Después de que el émbolo 249 selle el puerto de escape 253, el gas comprimido en el cilindro de émbolo externo 250 ya no puede desplazar el émbolo 249 y la presión de gas en el cilindro de émbolo 250 aumenta hasta un punto en que el gas comprimido se fuerza entonces a través de los orificios de boquilla más pequeños 248 y contra el filtro 160a para desalojar la acumulación de materia particulada alrededor de su superficie exterior.

Después del pulso de aire comprimido inverso y el desprendimiento de las partículas acumuladas en el filtro 160a, la

presión se disparará dentro del cilindro de émbolo 250 en la medida en que ya no contrarrestará el resorte 256. El émbolo 249 se moverá entonces hacia arriba mediante la fuerza del resorte 256 a su posición retraída o de reposo, eliminando el sello del puerto de escape 253 para el funcionamiento continuo del secador.

Otra realización alternativa más de un alojamiento de elemento de filtro de gas de escape 270 y cámara de recogida de polvo 271 que puede montarse en un extremo inferior de la cámara de secado 12 se representa en las figuras 12-12B. En este caso, una cámara impelente de dirección de polvo superior 272 puede montarse en un lado inferior de la cámara de secado alargada 12, el alojamiento de elemento de filtro 270 incluye una pluralidad de filtros cilíndricos orientados verticalmente 274 y está dispuesto debajo de la cámara impelente de dirección de polvo 272, un cono de dirección de polvo 275 está acoplado al lado inferior del alojamiento de elemento de filtro 270, y la cámara de recogida de polvo 271 se soporta en un lado inferior del cono de dirección de polvo 275.

La cámara impelente de dirección de polvo 272 ilustrada comprende una pared de alojamiento cilíndrica externa 289 que puede montarse en relación sellada con un lado inferior de la cámara de secado 12 y que tiene un extremo superior abierto para recibir gas y polvo de secado desde la cámara de secado 12 y la zona de secado 127. Alojada dentro de la cámara impelente de dirección de polvo 272 hay una cámara impelente de escape configurada cónicamente que se abre hacia abajo 281 que define en su lado inferior una cámara de escape 282 (figura 12B) y en su lado superior dirige gas de secado y polvo desde la cámara de secado 12 hacia abajo y hacia fuera alrededor de un perímetro externo de la cámara impelente de escape cónica 281.

El alojamiento de elemento de filtro 270 comprende una pared de alojamiento cilíndrica externa 284 montada en relación sellada por medio de un sello anular 285 a un borde periférico inferior de la cámara impelente de dirección de polvo 272 y un recubrimiento de filtro cilíndrico interior 286 montada en relación sellada por medio de un sello anular 288 al borde periférico inferior de la cámara impelente de escape cónica 281. La cámara impelente de escape cónica 281 y el recubrimiento de filtro cilíndrico interior 286 se soportan dentro de una pared de alojamiento cilíndrica externa 289 de la cámara impelente de dirección de gas 272 y el alojamiento de elemento de filtro 270 por la pluralidad de soportes radiales 290 (figura 12A) para definir los pasajes de aire 291 que se comunican alrededor del perímetro inferior de la cámara impelente de escape cónica 281 y un pasaje de gas anular 292 entre el recubrimiento de filtro cilíndrico interno 286 y la pared de alojamiento cilíndrica externa 284 de manera que el gas y el polvo que pasan a través de la cámara impelente de dirección de polvo 272 se dirigen por la cámara impelente de escape cónica 281 hacia fuera alrededor del recubrimiento de elemento de filtro 281 en el cono de dirección de polvo subyacente 275 y la cámara de recogida 271.

Los filtros cilíndricos 274 en este caso se soportan en relación dependiente de una placa de soporte circular 295 dispuesta de manera fija debajo del lado inferior de la cámara impelente de escape cónica que se abre hacia abajo 281. La placa de soporte de filtro circular 295 en este caso está montada en relación ligeramente rebajada con un perímetro superior del recubrimiento cilíndrico 286 y define una pared inferior de la cámara de escape 282. Los filtros cilíndricos ilustrados 274 son cada uno en forma de cartucho que comprende un elemento de filtro cilíndrico 296, una placa de contención de cartucho cilíndrica superior 298, un tapón de extremo inferior y una placa de sellado 299 con elementos de sellado anulares interpuestos 300, 301, 302. Para asegurar los cartuchos de filtro en relación ensamblada, la placa de contención de cartucho superior 298 tiene un miembro de soporte en forma de U de dependencia 304 con un espárrago de extremo inferior roscado 305 que puede posicionarse a través de una abertura central en el tapón de extremo inferior 299 que está asegurado por una tuerca 306 con un anillo de sellado de junta tórica 308 interpuesto entre los mismos. La placa de contención superior 298 de cada cartucho de filtro se fija en relación sellada alrededor de una abertura circular respectiva 310 en la placa de soporte central 295 con el elemento de filtro 296 dispuesto en relación de dependencia de un lado inferior de la placa de soporte 295 y con una abertura central 311 en la placa de soporte 298 que se comunica entre la cámara de escape 282 y el interior del elemento de filtro cilíndrico 296. Los cartuchos de elemento de filtro en este caso están dispuestos en relación circunferencialmente espaciada alrededor de un centro del recubrimiento interno 274.

El alojamiento de elemento de filtro 270 en este caso está asegurado a la cámara impelente de dirección de polvo 272 mediante abrazaderas liberables 315 o elementos de sujeción similares para permitir un fácil acceso a los cartuchos de filtro. El recubrimiento de filtro interno 286 también está montado de manera liberable en relación circundante con los filtros cilíndricos 274, tal como mediante una conexión de pasador y ranura, para permitir el acceso a los filtros para su reemplazo.

Durante el funcionamiento del sistema de secador, se observará que polvo y gas de secado dirigidos al interior de la cámara impelente de dirección de polvo 272 se canalizarán alrededor de la cámara impelente de escape cónica 281 en los pasajes anulares 291, 292 alrededor del recubrimiento de elemento de filtro interno 274 hacia abajo al interior del cono de dirección de polvo 275 y la cámara de recogida 271 para la recogida en la cámara 271. Mientras que la mayor parte del polvo secado que permanece en el flujo de gas migrará al interior de la cámara de recogida de polvo 271, como se indicó anteriormente, la materia particulada a base de gas fino se separará y se retendrá por los filtros anulares 274 a medida que el gas de secado pase a través de los filtros al interior de la cámara impelente de escape de gas de secado 282 para salir a través de un puerto de escape de gas de secado 320 y recircular a la cámara de secado 12, como se volverá evidente.

Para limpiar los filtros cilíndricos 274 de acumulación de polvo durante el transcurso del uso del sistema de secador, cada uno de los filtros cilíndricos 274 tiene un dispositivo de limpieza de pulso de gas inverso respectivo 322. Con este fin, la cámara impelente de dirección de gas 272 en este caso tiene un canal de colector de gas presurizado anular externo 321 acoplado a un suministro de aire presurizado adecuado. Cada dispositivo de limpieza de pulso de gas inverso 322 tiene una línea de suministro de gas presurizado respectiva 325 acoplada entre el canal de colector de gas presurizado anular 321 y una válvula de control respectiva 326, que en este caso está montada en un lado externo de la cámara impelente de dirección de aire 272. Una línea o tubo de dirección de pulso de gas 328 se extiende desde la válvula de control 326 radialmente a través de la cámara impelente de dirección de aire 272 y la pared cónica de la cámara impelente de escape 329 y luego con un ángulo recto gira hacia abajo con un extremo de descarga terminal 329 de la línea de dirección de pulso de gas 328 dispuesto encima y en relación alineada con la abertura central 311 de la placa de contención de cartucho de filtro 298 y el elemento de filtro cilíndrico subyacente 296.

Mediante un control selectivo o automatizado apropiado de la válvula de control 326, la válvula de control 26 puede hacerse funcionar cíclicamente para descargar pulsos del gas comprimido desde la línea 328 axialmente al interior del filtro cíclico 274 para desalojar el polvo acumulado en la pared externa del elemento de filtro cilíndrico 296. El extremo de descarga 329 de la línea de dirección de gas de pulso 328 está dispuesto preferiblemente en relación espaciada con un extremo superior del filtro cíclico 274 para facilitar la dirección de pulsos de gas comprimido al interior del elemento de filtro 296 mientras simultáneamente se hace entrar gas desde la cámara de escape 282 lo que facilita pulsos de flujo inverso que desalojan polvo acumulado del elemento de filtro 296. Preferiblemente, el extremo de descarga 329 del tubo de aire 328 está espaciado una distancia lejos del extremo superior del elemento de filtro cilíndrico de manera que el flujo de aire en expansión, representado como 330 en la figura 12B, tras llegar al cartucho de filtro, tiene un perímetro externo que corresponde sustancialmente al diámetro de la abertura central 311 en la placa de contención de cartucho 298. En la realización a modo de ejemplo, el tubo de dirección de aire 28 tiene un diámetro de aproximadamente una pulgada (2,54 cm) y el extremo de descarga 329 está espaciado una distancia de aproximadamente dos pulgadas y media (6,35 cm) de la placa de contención 298.

La cámara de recogida de polvo 271 en este caso tiene una válvula de mariposa circular 340 (mostrada en la figura 12B de manera separable dentro de la cámara de recogida de polvo 271) montada en un extremo superior de la cámara de recogida 271 que puede hacerse funcionar mediante un dispositivo de accionamiento adecuado 341 para un movimiento rotatorio entre una posición vertical o abierta que permite dirigir el polvo secado al interior de la cámara de recogida 271 y una posición cerrada horizontal que bloquea el paso del polvo secado al interior de la cámara de recogida 271 cuando está retirándose polvo. Alternativamente, se entenderá que la cámara de recogida de polvo 271 puede depositar polvo directamente sobre un transportador móvil desde un extremo inferior abierto.

Para permitir la recirculación y reutilización del gas de secado saliente del alojamiento de elemento de filtro 19a, la salida de escape 20 del alojamiento de filtro 19 está acoplada a una línea de recirculación 165 que a su vez está conectada al puerto de entrada de gas de calentamiento 15 de la cubierta superior 14 de la cámara de calentamiento 12 a través de un condensador 166, un soplador 168, y un calentador de gas de secado 169 (figura 15). El condensador 170 retira cualquier vapor de agua de la corriente de flujo de gas de escape por medio de bobinas de condensación refrigeradas por agua fría 170a que tienen respectivas líneas de suministro y retorno de agua fría 171, 172. Desde el condensador 170 se dirige el condensado a un contenedor de recogida 174 o a un desagüe. A continuación, se dirige gas nitrógeno secado por el soplador 168 a través del calentador de gas 169 que recalienta el gas de secado después de enfriar en el condensador 170 a una temperatura calentada predeterminada para el secado de polvo particular que funciona para el redireccionamiento de vuelta al puerto de entrada de gas de calentamiento 15 y al interior de la cámara de calentamiento 12. Una válvula de control de escape 175 acoplada a la línea de recirculación 165 entre el soplador 168 y el calentador 169 permite que el exceso de gas nitrógeno introducido en el sistema desde el conjunto de boquilla de pulverización electrostática 16 se ventile a una canalización de escape 176 apropiada. El flujo de escape desde la válvula de control 175 puede establecerse para que coincida con el exceso de nitrógeno introducido en la cámara de secado 12 por el conjunto de boquilla de pulverización electrostática 16. Se apreciará que mediante el control selectivo de la válvula de control de flujo de escape 175 y el soplador 168, puede controlarse selectivamente un nivel de vacío o presión en la cámara de secado 12 para operaciones de secado particulares o con el propósito de controlar la evaporación y el escape de volátiles. Aunque se ha mostrado un condensador de agua fría 170 en la realización ilustrada, se entenderá que podrían usarse otros tipos de condensadores o medios para retirar humedad de la corriente de flujo de gas de recirculación.

Se apreciará que el gas de secado introducido en la zona de secado efectiva 127 definida por el revestimiento flexible 100 tanto desde el conjunto de boquilla de pulverización electrostática 16 como desde el puerto de entrada de gas de secado 15, es un gas inerte seco, es decir, nitrógeno en la realización ilustrada, que facilita el secado de las partículas líquidas pulverizadas al interior de la cámara de secado 12 por el conjunto de boquilla de pulverización electrostática 16. La recirculación del gas de secado inerte, como se describió anteriormente, también purga oxígeno del gas de secado para evitar la posibilidad de una explosión peligrosa de polvo dentro de la cámara de secado en caso de una chispa no intencionada del conjunto de boquilla de pulverización electrostática 16 u otros componentes del sistema.

Recirculación del gas de secado inerte a través del sistema de secado por pulverización 10, además, se ha encontrado que permite un funcionamiento altamente eficiente energéticamente del sistema de secado por pulverización 10 a temperaturas de funcionamiento significativamente más bajas, y, correspondientemente, con ahorros de coste

significativos. Como se indicó anteriormente, las emulsiones que van a pulverizarse normalmente están hechas de tres componentes, por ejemplo, agua (disolvente), almidón (portador) y un aceite aromatizante (núcleo). En ese caso, el objeto del secado por pulverización es formar el almidón alrededor del aceite y secar todo el agua con el gas de secado. El almidón permanece como una capa protectora alrededor del aceite, impidiendo que se oxide. Se ha encontrado que este resultado deseado se logra más fácilmente cuando se aplica una carga electrostática negativa a la emulsión antes y durante la atomización.

Si bien la teoría de funcionamiento no se entiende completamente, cada uno de los tres componentes de la emulsión pulverizada tiene diferentes propiedades eléctricas. Siendo el agua el más conductor del grupo, atraerá fácilmente la mayoría de los electrones, siendo el siguiente el almidón, y finalmente el aceite que, siendo el más resistivo, apenas atrae electrones. Conociendo que las cargas opuestas se atraen y las cargas iguales se repelen, las moléculas de agua, teniendo todas la mayor carga igual, tienen la mayor fuerza repulsiva una con respecto a la otra. Esta fuerza dirige las moléculas de agua a la superficie externa de la gota donde tienen la mayor área de superficie al gas de secado, lo que mejora el proceso de secado. Las moléculas de aceite que tienen una carga más pequeña permanecerían en el centro de la gota. Es este proceso el que se cree que contribuye a un secado más rápido, o un secado con una fuente de calor inferior, así como a un recubrimiento más uniforme. Las pruebas del polvo secado por pulverización producido por el presente sistema de secado por pulverización realizadas con una temperatura de gas de secado de entrada de 90 grados C encontraron que el polvo era comparable al secado en los procesos de secado por pulverización convencionales realizados a 190 grados C.

La eficiencia de encapsulación, a saber, la uniformidad del recubrimiento del polvo secado, también fue igual a la lograda en el secado por pulverización a mayor temperatura. Se encontró además que el secado a temperatura más baja redujo significativamente aromas, olores y componentes volátiles descargados al medio ambiente en comparación con el secado por pulverización convencional, indicando además que la superficie externa de la partícula secada estaba formada de almidón de manera más uniforme y completa. La reducción de aromas y olores de descarga mejora adicionalmente el entorno de trabajo y elimina la necesidad de purgar tales olores que pueden ser irritantes y/o perjudiciales para el personal de operación. El procesamiento a temperatura más baja también permite el secado por pulverización de componentes sensibles a la temperatura (orgánicos o inorgánicos) sin dañar o afectar negativamente a los compuestos.

Si durante un proceso de secado cualquier partícula puede adherirse o acumularse de otro modo en la superficie del revestimiento 100, se proporciona un dispositivo de agitación de revestimiento para impartir periódicamente movimiento de agitación al revestimiento 100 suficiente para retirar cualquier polvo acumulado. En la realización ilustrada, la cámara de secado 12 tiene un puerto de válvula de agitación de revestimiento neumático lateral 180 que está acoplado a un tanque neumático 181 que puede accionarse periódicamente para dirigir el aire presurizado a través del puerto de válvula de agitación de revestimiento neumático 180 y al interior del espacio de aire anular entre el revestimiento 100 y la pared externa de la cámara de secado 12 que agita el revestimiento flexible 100 de un lado a otro con suficiente fuerza para desalojar cualquier polvo acumulado. Preferiblemente, se dirige aire presurizado al puerto de válvula de agitación de revestimiento neumático 180 de manera pulsante con el fin de intensificar tal movimiento de agitación. Alternativamente, se entenderá que podrían usarse medios mecánicos para agitar el revestimiento 100.

Con el fin de garantizar contra la contaminación cruzada entre el uso selectivo sucesivo diferente del sistema de secador por pulverización, tal como entre series de diferentes polvos en la cámara de secado 12, las matrices anulares 120, 120a de elementos de sujeción de desconexión rápida 121 permiten el desmontaje de la cubierta 14 y el cono de recogida 18 de la cámara de secado 12 para un reemplazo fácil del revestimiento 100. Dado que el revestimiento 100 está hecho de material relativamente económico, preferiblemente es desechable entre series de diferentes polvos, con el reemplazo de un nuevo revestimiento de reemplazo fresco que se ve afectado sin gastos indebidos.

Según otra característica importante de esta realización, la cámara de secado 12 es fácilmente modificable para diferentes requisitos de secado por pulverización. Por ejemplo, para requisitos de secado más pequeños, puede usarse un revestimiento de diámetro más pequeño 100a para reducir el tamaño de la zona de secado efectiva. Para ese fin, conjuntos de anillo de separación 104a (figura 18), similar a la descrita anteriormente, pero con anillos de separación internos de menor diámetro 105a, pueden sustituirse fácilmente por el conjunto de anillo de separación de mayor diámetro 104. La sustitución de los conjuntos de anillo puede lograrse desenganchando las matrices circunferencialmente espaciadas 120, 120a de elementos de enganche 121 para la cubierta superior 14 y el cono de recogida 18, retirar los conjuntos de anillo de mayor diámetro 104 de la cámara de secado 12, reemplazándolos con los conjuntos de anillo de menor diámetro 104a y el revestimiento 100a, y volver a ensamblar y volver a enganchar la cubierta superior 14 y el cono de recogida 18 sobre la cámara de secado 12. El revestimiento de menor diámetro 100a reduce de manera efectiva la zona de secado en la que se introduce gas de secado calentado y gas de atomización para permitir un secado de lote más pequeño, más rápido y más eficiente energéticamente.

Al permitir además un secado más eficiente de series de lotes más pequeñas, la cámara de secado 12 tiene una construcción modular que permite reducir la longitud de la cámara de secado 12. En la realización ilustrada, la cámara de secado 12 comprende una pluralidad, en este caso dos, módulos o secciones de cámara de secado cilíndrica apilados vertical 185, 186. La sección de cámara inferior 186 es más corta en longitud que la sección de cámara

superior 185. Las dos secciones de cámara de secado cilíndricas 185, 186 de nuevo se aseguran entre sí de manera liberable mediante una matriz 102b de elementos de sujeción de desconexión rápida espaciados circunferencialmente 121 similares a los descritos anteriormente. El anillo de montaje 110 para esta matriz 102b de elementos de sujeción 121 está soldado a la sección de cámara de secado cilíndrica superior 185 adyacente al extremo inferior de la misma y los elementos de sujeción 121 de esa matriz 102b están orientados con los ganchos de tracción 122 posicionados hacia abajo para enganchar y retener un lado inferior de una brida radial externa superior 188 (figuras 1 y 2) de la sección de cámara de secado cilíndrica inferior 186. Tras la liberación de las dos matrices 102a, 102b de elementos de sujeción 121 que fijan la sección cilíndrica inferior 186 a la sección cilíndrica superior 185 y el cono de recogida 18, la sección cilíndrica inferior 186 puede retirarse, el conjunto de anillo de separación inferior 104 reposicionarse adyacente a la parte inferior de la sección de cámara superior 185, y el revestimiento 100 reemplazarse con un revestimiento de longitud más corta. La sección de cámara de secador cilíndrica superior 185 puede asegurarse directamente sobre el cono de recogida de polvo 18 con el conjunto de anillo de separación inferior 104 entre los mismos mediante los elementos de sujeción 121 de la matriz 102b que luego se enganchan a la brida anular externa 129 del cono de recogida 18. Esta modificación permite el uso de una zona de secado efectiva de longitud sustancialmente más corta para reducir adicionalmente requisitos de calentamiento para un secado de lote más pequeño.

Se apreciará que podrían añadirse módulos o secciones de cámara de secado cilíndricas adicionales 186 para aumentar adicionalmente la longitud efectiva de la cámara de secado 12. Para aumentar la cantidad de líquido pulverizado al interior de la cámara de secado 12, se aumente o no de tamaño, puede proporcionarse una pluralidad de conjuntos de boquilla de pulverización electrostática 16 en la cubierta superior 14, como se representa en las figuras 19 y 20. La pluralidad de conjuntos de boquillas de pulverización 16, que pueden suministrarse desde los suministros comunes de líquido y nitrógeno, preferiblemente se soportan en una relación espaciada circunferencial entre sí en aberturas de montaje, previamente tapadas, respectivas 190 en la cubierta superior 14 (figura 4). Entonces, la abertura de montaje central no usada 192 (figura 20) puede taparse o cerrarse de otro modo adecuadamente.

Según otra característica más de esta realización, los componentes de desconexión rápida modulares de la torre de secado 11 permiten además la reubicación del conjunto de boquilla de pulverización electrostática 16 desde una posición en la parte superior de la cámara de secado 12 para la pulverización hacia abajo a una posición adyacente a una parte inferior de la cámara de secado 12 para la dirección hacia arriba de una pulverización de líquido cargada electrostáticamente al interior de la cámara de secado 12. Para este fin, el conjunto de boquilla de pulverización 16 puede retirarse de la cubierta superior 14 y asegurarse en un soporte de montaje de boquilla de pulverización inferior 195 (figuras 21-24), que en este caso está montado dentro de la sección de pared cilíndrica superior 155 del cono de recogida de polvo 18 inmediatamente adyacente a la parte inferior de la cámara de secado 12 para orientar el conjunto de boquilla de pulverización electrostática 16 para pulverizar un patrón de pulverización cargado hacia arriba al interior de la cámara de secado 12, como se representa en la figura 21. El soporte de montaje de boquilla inferior ilustrado 195, como se representa en las figuras 22-24, incluye un buje de montaje anular central 196 para soportar el conjunto de boquilla de pulverización 16 adyacente a un extremo aguas arriba que, a su vez, se soporta en la sección cilíndrica superior 155 del cono de recogida de polvo 18 por una pluralidad de barras de montaje radiales 198 hechas de un material no conductor. Cada una de las barras de montaje radiales 198 está asegurada a la sección de pared cilíndrica 155 mediante respectivos tornillos de acero inoxidable 199 (figura 24) con un lavado de sellado unido a caucho 200 entre la cabeza del tornillo 199 y la superficie de pared externa del cono de recogida de polvo 18 y una junta tórica de sellado 201 se interpone entre el extremo externo de cada barra de montaje 198 y la superficie de pared interior de la sección de cono de recogida de polvo 18. Teflón no conductor u otro líquido plástico y líneas de suministro de gas de atomización 205, 206 se conectan respectivamente radialmente hacia fuera a elementos de ajuste aislados 208, 209 por el cono de recogida de polvo 18, que a su vez están conectados a las líneas de suministro de aire y líquido de atomización 151, 131. Un cable de alimentación de alta tensión 210 también se conecta radialmente con el conjunto de boquilla a través de un elemento de ajuste aislado 211.

Con el conjunto de boquilla de pulverización electrostática 16 montado adyacente al lado inferior de la cámara de secado 12, una abertura de montaje de boquilla de pulverización central 192 en la cubierta 14 puede taparse apropiadamente, así como el puerto de entrada de gas 15. El cono de recogida de polvo 18 tiene además una entrada de gas de secado orientada tangencialmente 215, que puede destaparse y conectarse a la línea de recirculación de gas de secado 165, y la cubierta 14 en este caso tiene un par de puertos de escape 216 que también pueden destaparse para la conexión a la línea de retorno de gas de calentamiento.

Con el conjunto de boquilla de pulverización 16 montado en el lado inferior de la cámara de secado 12, las partículas de pulverización líquida cargadas electrostáticamente dirigidas hacia arriba al interior de la cámara de secado 12 se secan mediante gases de secado, que en este caso se dirigen tangencialmente a través de la entrada de gas de calentamiento inferior 215 y calentando gas de atomización desde el conjunto de boquilla de pulverización 16, que de nuevo ambos son gas inerte seco, es decir, nitrógeno.

Según esta realización, el revestimiento anular 100 en la cámara de secado 12 está hecho preferiblemente de un medio de filtro 100b (figura 3B) para permitir que el gas de secado migre finalmente a través de los medios de filtro para salir hacia fuera desde los puertos de escape superiores 216 en la cubierta 14 a la línea de recirculación 165 para recirculación, recalentamiento, y redireccionamiento al puerto de entrada de gas inferior 215, como se explicó

anteriormente. El polvo secado por el gas de secado dirigido hacia arriba y el gas de atomización flotarán finalmente hacia abajo al interior de y a través del cono de recogida de polvo 18 al interior de la cámara de recogida 19, como se describió anteriormente, filtrándose solo las partículas más finas por el revestimiento de medios de filtro 100. El agitador de revestimiento neumático puede accionarse de nuevo periódicamente para evitar la acumulación de polvo en el revestimiento 100.

A partir de lo anterior puede observarse que la torre de procesamiento puede configurarse y hacerse funcionar fácilmente en una variedad de modos de procesamiento para aplicaciones de pulverización particulares, como se representa en la tabla 220 en la figura 25. La longitud de la cámara de secado puede cambiarse opcionalmente añadiendo o retirando la sección de cámara de secado cilíndrica 186, el material del revestimiento puede determinarse selectivamente, tal como no permeable o permeable, la orientación de boquilla de pulverización electrostática puede cambiarse entre la pulverización superior hacia abajo o la pulverización inferior hacia arriba, y la dirección del flujo de gas procesado puede cambiarse entre direcciones hacia abajo o hacia arriba basándose en la configuración deseada.

Mientras que en las realizaciones anteriores se introduce nitrógeno u otro gas de secado inerte en el interior del sistema como gas de atomización al conjunto de boquilla de pulverización electrostática 16, alternativamente, el gas nitrógeno podría introducirse en el gas recirculante. En el sistema de secado por pulverización como se representa en la figura 25A, en el que a partes similares a las descritas anteriormente se les han dado números de referencia similares a los descritos anteriormente, se introduce nitrógeno u otro gas inerte en el calentador de gas 169 desde una línea de inyección de nitrógeno 169a para la dirección a la cámara de secado 100 a través de la línea de suministro y entrega de gas 169a y la recirculación desde la cámara de secado 100 a través del condensador 170, y el soplador 168 como se describió anteriormente. En esa realización, también puede suministrarse gas nitrógeno al conjunto de boquilla de pulverización electrostática 16 como gas de atomización, como se describió anteriormente, o aire, o una combinación de un gas inerte y aire, puede suministrarse al conjunto de boquilla de pulverización electrostática 16 como el gas de atomización siempre que no cree una atmósfera de combustión dentro de la cámara de secado. El funcionamiento del sistema de secado representado en la figura 25A es de otro modo igual que en lo descrito anteriormente.

Con referencia a la figura 25B, se muestra otro sistema de secado de realización alternativa similar al descrito anteriormente, excepto porque un cono de recogida de polvo 18a dirige el polvo a un alojamiento de bolsa de filtro/separador ciclónico convencional 19a en el que el producto secado se descarga desde una salida inferior 19b y se dirige aire de escape desde una línea de puerto de escape superior 165 para la recirculación a través del condensador 170, el soplador 168, el calentador de gas de secado 169 y la cámara de secado 11. En la figura 25C se muestra una realización alternativa de un sistema de secado similar al mostrado en la figura 25B pero con una línea de recirculación de polvo fino 19c entre el separador ciclónico y el alojamiento de bolsa de filtro 19a y el extremo superior de la cámara de secado 11. Las partículas finas secadas separadas en el separador ciclónico 19a se recirculan a través de la línea de recirculación de polvo fino 19c a la cámara de secado 11 para producir potencias que tienen aglomeraciones de partículas finas. De nuevo, el sistema de otro modo funciona igual que el descrito anteriormente.

Con referencia ahora a la figura 25D, se muestra otra realización alternativa en forma de un sistema de secado de polvo de lecho fluidizado. El sistema de secado de polvo tiene de nuevo una cámara de secado cilíndrica 12 con un revestimiento no permeable 100 dispuesto concéntricamente en el mismo y un conjunto de boquilla de pulverización electrostática 16 para dirigir partículas líquidas cargadas electrostáticamente al interior de la zona de calentamiento efectiva 127 definida por el revestimiento 100 como se describió anteriormente. En este caso, una sección de contenedor de recogida formada cónicamente 18b comunica polvo desde la cámara de secado 12 al interior de una cámara de recogida 19b a través de un separador de tamiz de lecho fluido 19c de un tipo convencional. En esta realización, una pluralidad de elementos de filtro cilíndricos de lecho fluido 160b, similar a los descritos en relación con la realización de la figura 11A, se soportan desde una placa transversal superior 163b que define una cámara impelente de escape 164b adyacente a la parte superior de la cámara de secado 12. Un soplador 168 en este caso extrae aire de la cámara impelente de escape 164b desde la cual se ha filtrado hacia fuera polvo y materia particulada para su dirección a través de la línea 165 a través del condensador 170 y el calentador 169, para su reintroducción en el interior de la cámara de recogida inferior 19b y recirculación hacia arriba a través de la cámara de secado 12. Los filtros 16b tienen de nuevo dispositivos de limpieza de filtro de aire de pulso inverso 167b del tipo dado a conocer en la patente estadounidense de referencia n.º 8.876.928, que tienen válvulas de control de aire respectivas 167c para dirigir periódicamente el aire a presión hacia y a través de los filtros 16b para limpiar de polvo acumulado los filtros 16b.

Mientras que el revestimiento no permeable 100 de las realizaciones anteriores está hecho preferiblemente de material no conductor flexible, tal como plástico, podría estar hecho alternativamente de un material de plástico rígido, como se representa en la figura 3D. En ese caso, podrían proporcionarse elementos de separación de montaje no conductores apropiados 100d para asegurar el revestimiento en relación concéntrica dentro de la cámara de secado 12. Alternativamente, como se representa en la figura 3C el revestimiento permeable estar hecho en parte, tal como un lado diametral, de un material de filtro permeable 100b que permite que fluya aire a través del revestimiento para su escape y, en parte, tal como en un lado diametral opuesto, de un material no permeable 100a que impide que se arrastren las partículas secadas hacia el revestimiento.

Como una realización alternativa adicional, el sistema de secador por pulverización ilustrado puede modificarse

fácilmente, como se representa en la figura 15A, para su uso en la refrigeración por pulverización de corrientes de flujo fundidas, tales como ceras, ceras duras, y glicéridos, al interior de una corriente de gas frío para formar partículas solidificadas. A elementos similares a los descritos anteriormente se les han dado números de referencia similares. Durante la refrigeración por pulverización, una materia prima con un punto de fusión, ligeramente por encima de las condiciones ambientales, se calienta y se coloca en el tanque de contención 130 que en este caso se envuelve en un aislamiento 130a. La materia prima se bombea a la boquilla de atomización 16 a través de la línea de alimentación 131 usando la bomba 132. La materia prima fundida se atomiza de nuevo usando gas comprimido tal como nitrógeno 150. Durante la refrigeración por pulverización, la materia prima líquida fundida puede cargarse o no electrostáticamente. En el último caso, el electrodo del conjunto de boquilla de pulverización electrostática está desenergizado.

Durante la refrigeración por pulverización, el calentador de gas de atomización 152 se apaga de modo que se entrega gas de atomización frío a la boquilla de atomización 16. Durante la refrigeración por pulverización, el calentador de gas de secado 169 también se apaga entregando gas de secado que se ha enfriado por la bobina de deshumidificación 170a a la cámara de secado 12 a través de la línea de gas de secado 165. A medida que las gotas atomizadas entran en la zona de gas de secado 127, se solidifican para formar partículas que caen en el cono de recogida 18 y se recogen en la cámara de recogida 19 a medida que la corriente de gas sale para la recirculación. El revestimiento retirable 100 ayuda de nuevo en la limpieza de la cámara de secado, ya que puede retirarse y desecharse. El hueco de aire de aislamiento 101 evita que la cámara de secado 12 se enfríe lo suficiente como para que se forme condensación en la superficie exterior.

Al llevar a cabo una característica adicional más de esta realización, el sistema de pulverización 10 puede funcionar usando un sistema de recuperación de fallas automatizado que permite el funcionamiento continuo del sistema en caso de una ruptura momentánea del campo de carga en la cámara de secado, mientras se proporciona una señal de alarma en caso de ruptura eléctrica continua. En la figura 27 se muestra un diagrama de flujo para un método de funcionamiento de un método de recuperación de fallas de generador de tensión para su uso en el sistema de pulverización 10. El método ilustrado puede estar funcionando en forma de un programa o un conjunto de instrucciones ejecutables por ordenador que se llevan a cabo dentro del controlador 133 (figura 15). Según las realizaciones ilustradas, el método mostrado en la figura 26 incluye activar o iniciar de otro modo una bomba de líquido en 300 para proporcionar un suministro presurizado de fluido a una entrada de inyector. En 302, se lleva a cabo una verificación de si un suministro de tensión está activo. En el caso de que se determine que el suministro de tensión está inactivo en 302, se proporciona un mensaje de error en una interfaz de máquina en 304, y un generador de tensión y la bomba de líquido se desactivan en 306 hasta una falla que está presente, lo que puede haber provocado que el suministro de tensión no esté activo como se determina en 302, se ha rectificado.

En momentos en que se determina que el suministro de tensión en 302 está activo, un retardo de un tiempo predefinido, por ejemplo, 5 segundos, se usa antes de que la bomba de líquido se inicie en 308, y la bomba de líquido se hace funcionar en 310 después de que haya expirado el retardo. Se realiza una comprobación en 312 en cuanto a un cortocircuito o un arco en 312 mientras la bomba continúa funcionando en 310. Cuando se detecta un cortocircuito o arco en 312, un contador de eventos y también un temporizador se mantienen para determinar si se ha detectado más de un número predefinido de cortocircuitos o arcos, por ejemplo, cinco, dentro de un período predefinido, por ejemplo, 30 segundos. Estas comprobaciones se determinan en 314 cada vez que se detecta un cortocircuito o arco en 312. Cuando se producen menos que los cortocircuitos o arcos predefinidos dentro del período predefinido, o incluso si se detecta un solo cortocircuito o arco, la bomba de líquido se detiene en 316, el generador de tensión que produce la tensión se restablece mediante, por ejemplo, el apagado y reinicio, en 318, y la bomba de líquido se reinicia en 310 después del retardo en 308, de manera que el sistema pueda remediar la falla que provocó la chispa o el arco y el sistema pueda continuar funcionando. Sin embargo, en el caso de que se produzca más del número predefinido de chispas o arcos dentro del período predefinido en 314, se genera un mensaje de error en una interfaz de máquina en 320 y el sistema se coloca en modo de espera desactivando el generador de tensión y la bomba de líquido en 306.

En un aspecto, por lo tanto, el método para remediar una falla en un sistema de secado por pulverización electrostática incluye iniciar una secuencia de arranque de bomba, lo que implica primero determinar un estado del generador de tensión y no permitir que la bomba de líquido se encienda mientras el generador de tensión aún no se ha activado. Para lograr esto, en una realización, se usa un retardo de tiempo antes de que se encienda la bomba de líquido, para permitir suficiente tiempo para que se active el generador de tensión. Luego se inicia la bomba de líquido, y el sistema monitoriza de manera continuada la presencia de una chispa o un arco, por ejemplo, monitorizando la corriente extraída del generador de tensión, mientras la bomba está en funcionamiento. Cuando se detecta una falla, el generador de tensión se apaga, como lo hace la bomba de líquido, y dependiendo de la extensión de la falla, el sistema se reinicia o entra automáticamente en un modo de espera que requiere la atención y acción del operario para reiniciar el sistema.

Finalmente, al llevar a cabo un aspecto adicional de la presente realización, el sistema de secado por pulverización 10 tiene un control que permite que la carga al líquido pulverizado por el conjunto de boquilla de pulverización electrostática se varíe periódicamente de una manera que pueda inducir una aglomeración controlada y selectiva de las partículas pulverizadas para aplicaciones de pulverización particulares y el uso final del producto secado. En una realización, la aglomeración selectiva o controlada de las partículas pulverizadas se logra variando el tiempo y la

frecuencia de activación del pulverizador, por ejemplo, mediante el uso de una señal de orden de inyector modulada por ancho de pulso (PWM), entre altas y bajas frecuencias de activación para producir partículas pulverizadas de diferentes tamaños que pueden dar como resultado un grado variable de aglomeración. En otra realización, la aglomeración selectiva o controlada de las partículas pulverizadas puede lograrse modulando el nivel de la tensión que se aplica para cargar electrostáticamente el fluido pulverizado. Por ejemplo, la tensión puede variarse selectivamente en un intervalo tal como 0 - 30 kV. Se contempla que para tales variaciones de tensión, una tensión más alta aplicada para cargar el fluido actuará para disminuir generalmente el tamaño de las gotas, disminuyendo así el tiempo de secado, y puede inducir además que el portador migre hacia las superficies externas de las gotas, mejorando así la encapsulación. De manera similar, una disminución en la tensión aplicada puede tender a aumentar el tamaño de las gotas, que puede ayudar en la aglomeración, especialmente en presencia de gotas o partículas más pequeñas.

Otras realizaciones contempladas que pueden afectar selectivamente a la aglomeración de las partículas pulverizadas incluyen cambiar selectivamente con el tiempo, o pulsar entre valores predeterminados altos y bajos, diversos otros parámetros de funcionamiento del sistema. En una realización, la presión de gas de atomización, la presión de entrega de fluido, y la temperatura de gas de atomización puede variarse para controlar o generalmente afectar al tamaño de partícula y también el tiempo de secado de las gotas. Las realizaciones adicionales pueden incluir además otros parámetros variables del gas de atomización y/o el aire de secado, tales como su contenido de humedad absoluto o relativo respectivo, actividad del agua, tamaño de gota o partícula y otros. En una realización particular contemplada, la temperatura del punto de rocío del gas de atomización y el aire de secado se controlan activamente, y en otra realización, el volumen o flujo de aire másico del gas de atomización y/o el aire de secado también se controlan activamente.

En la figura 27 se muestra un diagrama de flujo para un método de modulación de un ancho de pulso en una boquilla de pulverización electrostática para controlar selectivamente la aglomeración de partículas pulverizadas. Según una realización, al inicio del proceso, un generador de tensión se enciende en 322. Una determinación de si un control de PWM, que controlará selectivamente la aglomeración, se activa o se desea se lleva a cabo en 324. Cuando no se desea ni se activa el PWM, el proceso controla el sistema controlando el generador de tensión a un punto de ajuste de tensión en 326, y el inyector de fluido se hace funcionar normalmente. Cuando se desea o se activa el PWM, el sistema alterna entre un punto de ajuste de PWM bajo y un punto de ajuste de PWM alto para períodos predefinidos y durante un tiempo de ciclo. En la realización ilustrada, esto se logra controlando el punto de ajuste de PWM bajo en 328 durante un tiempo de duración de pulso bajo en 330. Cuando ha expirado el tiempo de duración de pulso bajo, el sistema cambia a un punto de ajuste de PWM alto en 332 hasta que haya expirado un tiempo de duración de pulso alto en 334, y vuelve a 324 para determinar si se desea un ciclo de PWM adicional. Mientras que los cambios en el punto de ajuste de PWM se comentan en el presente documento en relación con el diagrama de flujo mostrado en la figura 27, debe apreciarse que pueden modularse otros parámetros además de, o en lugar de, el pulverizador de PWM. Como se comentó anteriormente, otros parámetros que pueden usarse incluyen el nivel de tensión aplicado para cargar el líquido, la presión de gas de atomización, la tasa y/o presión de entrega de líquido, la temperatura de gas de atomización, el contenido de humedad del gas de atomización y/o aire de secado, y/o el volumen o flujo de aire másico del gas de atomización y/o aire de secado.

En un aspecto, por lo tanto, la aglomeración de partículas pulverizadas se controla variando el tiempo de inyección del pulverizador. A altas frecuencias, es decir, a un PWM alto, el pulverizador se abrirá y cerrará más rápidamente produciendo partículas más pequeñas. A bajas frecuencias, es decir, a un PWM bajo, el pulverizador se abrirá y cerrará produciendo más lentamente partículas más grandes. A medida que las partículas más grandes y más pequeñas se dirigen a través del secador en capas alternas, algunas interactuarán físicamente y se unirán entre sí independientemente de sus cargas eléctricas de repulsión para producir aglomerados por colusión. El tamaño específico de las partículas más grandes y más pequeñas, y también el número respectivo de cada tamaño de partícula por unidad de tiempo que se producen, el sistema puede controlarlo estableciendo los respectivos puntos de ajuste de PWM alto y bajo, y también la duración para cada uno, para adaptarse a cada aplicación específica.

Según otra característica adicional, una pluralidad de torres de procesamiento de polvo 10 que tienen cámaras de secado 11 y conjuntos de boquilla de pulverización electrostática 16 como se describió anteriormente, puede proporcionarse en un diseño modular, como se representa en las figuras 28 y 29, que descarga el polvo sobre un sistema de transportador común 340 o similar. En este caso, se proporciona una pluralidad de torres de procesamiento 10 en relación adyacente entre sí alrededor de una plataforma de trabajo común 341 accesible a la parte superior por una escalera 342, y que tiene un panel de control y una interfaz de operario 344 ubicados en un extremo de la misma. Las torres de procesamiento 10 en este caso incluyen cada una una pluralidad de conjuntos de boquilla de pulverización electrostática 16. Como se representa en la figura 28, se proporcionan ocho torres de procesamiento sustancialmente idénticas 10, en este caso, que descargan polvo sobre un transportador de polvo común 340, tal como una alimentación de tornillo, neumática, u otros medios de transferencia de polvo, a un contenedor de recogida.

Se ha encontrado que un sistema de procesamiento modular de este tipo tiene una serie de ventajas importantes. Al principio, es un sistema de procesamiento escalable que puede adaptarse a los requisitos de un usuario, usando componentes comunes, a saber, torres de procesamiento de polvo de procesamiento sustancialmente idénticas 10. El sistema también puede expandirse fácilmente con módulos adicionales, como se representa en la figura 30. El uso

de una disposición modular de este tipo de torres de procesamiento 10 también permite el procesamiento de mayores cantidades de polvo con menores requisitos de altura de construcción (4,57 - 9,14 m) (15-20 pies) en comparación con los sistemas de secador por pulverización de producción más grandes estándar que son de 12,19 m (40 pies) y mayor altura y requieren diseños especiales de edificios para su instalación. El diseño modular permite además aislar y dar servicio a torres de procesamiento individuales del sistema sin interrumpir el funcionamiento de otros módulos para mantenimiento durante el procesamiento. La disposición modular también permite escalar el sistema para el uso de energía para requisitos particulares de producción del usuario. Por ejemplo, podrían usarse cinco módulos para un requisito de procesamiento y solo tres para otro lote.

Con referencia a las figuras 31-33, se muestra un sistema de recogida de polvo 350 de un sistema de secado por pulverización según la invención, que está configurado para proteger el producto acabado del daño provocado por la exposición a la humedad, calor y/u oxígeno. Más particularmente, el sistema de recogida de polvo 350 está equipado con un sistema de cobertura de gas que sirve para proteger el polvo terminado de la exposición al gas cargado de humedad, calor y oxígeno asociados con el proceso de secado. Como se muestra en la figura 31, y similar a la realización de, por ejemplo, la figura 12, el sistema de recogida de polvo 350 de esta realización incluye un recipiente de recogida 352 que tiene un extremo superior abierto que está dispuesto en la parte inferior de un cono de recogida de polvo 354 que, a su vez, depende de un extremo inferior de una cámara impelente de separación 356. La cámara impelente de separación 356 se comunica con una cámara de secado 358. Gas y polvo de secado (generalmente mostrados por las flechas 359 en la figura 31) pasan desde la cámara de secado 358 al interior de la cámara impelente de separación 356 como se muestra en la figura 31. La cámara impelente de separación 356 también se comunica con una salida de gas de escape 360 a través de la cual el gas de secado cargado de humedad sale de la cámara impelente de separación 356 mientras el polvo cae al interior del cono de recogida 354. En este caso, el recipiente de recogida 352 está configurado como un contenedor retirable que está asegurado de manera desmontable a un extremo inferior abierto del cono de recogida de polvo 354 por una abrazadera 362.

Para facilitar la introducción de un gas de cobertura en el recipiente de recogida 352, se proporciona un adaptador 364 en el extremo superior del recipiente de recogida 352. En la realización ilustrada, el adaptador 364 incluye un sello de caucho 366 que se engancha con un borde superior 368 del recipiente de recogida 352 como se muestra en la figura 32. El adaptador 364 rodea el extremo superior del recipiente de recogida 352 y define un paso central 370 a través del cual el producto secado puede pasar desde el cono de recogida de polvo 354 hasta el recipiente de recogida 352. En este caso, el adaptador 364 también define una brida 372 que se captura en la abrazadera 362 que asegura el recipiente de recogida 352 al cono de recogida de polvo 354. Un orificio de entrada de gas de cobertura 374 que se comunica con el interior del recipiente de recogida 352 se proporciona cerca del extremo superior del recipiente de recogida 352, en este caso en una pared lateral del adaptador 364. Este orificio 374 puede estar conectado a un suministro de gas de cobertura de manera que un gas de cobertura pueda dirigirse al interior del recipiente de recogida 352. El gas de cobertura puede ser cualquier gas adecuado y preferiblemente es frío y no contiene cantidades apreciables de humedad u oxígeno. El nitrógeno es un ejemplo de un gas de cobertura adecuado, aunque pueden usarse otros gases o mezclas de gases.

Un sistema de alimentación de gas de cobertura 378 a modo de ejemplo que puede usarse para dirigir el gas de cobertura al orificio de entrada 374, y, por lo tanto, al interior del recipiente de recogida 352, se muestra en la figura 33. El sistema de alimentación de gas de cobertura 378 ilustrado incluye un suministro de gas de cobertura 380, que puede ser un tanque de almacenamiento presurizado, que se comunica con el orificio de entrada 374 a través de una línea de alimentación de gas 382. Para controlar el flujo de gas de cobertura, un dispositivo de control de flujo ajustable 384, tal como un medidor de flujo o un rotámetro, puede proporcionarse en la línea de alimentación de gas 382. El dispositivo de control de flujo 384 puede estar configurado para ser ajustable manualmente por un operario del sistema de secador por pulverización o puede ser ajustable automáticamente basándose en, por ejemplo, señales recibidas de un controlador. Para evitar la presurización excesiva del recipiente de recogida 352 y/o la línea de alimentación de gas 382, una válvula de descarga de presión 386 puede estar dispuesta en la línea de alimentación de gas entre el dispositivo de control de flujo 384 y el recipiente de recogida 352.

En funcionamiento, el material se seca por pulverización en la cámara de secado 358 y cae hacia abajo al interior de la cámara impelente de separación 356 y luego al interior del cono de recogida 354 por gravedad y flujo de gas. El producto acabado que cae se recoge luego en el recipiente de recogida 352. El gas de cobertura se introduce en el recipiente de recogida 352 a través del orificio de entrada 374 y cubre el producto que cae (referido como 388 en la figura 32) y el producto sedimentado (referido como 390 en la figura 32) en el recipiente de recogida 352. El gas de cobertura presuriza ligeramente el recipiente de recogida 352 y el adaptador 364, lo que evita que el gas de secado de escape entre en el recipiente de recogida 352 y exponga el producto acabado a los efectos nocivos de la humedad, calor y/u oxígeno. El exceso de gas de cobertura se desplaza hacia arriba a través del cono de recogida de polvo 354 y hacia la cámara impelente de separación 356, se mezcla con el gas de escape del secador y sale de la cámara de secado a través de la salida de gas de escape 360. El dispositivo de control de flujo 384 puede establecerse de manera que se dirija un flujo suficiente de gas de cobertura al interior del recipiente de recogida 352 para proteger el polvo terminado del calor, humedad y oxígeno que se originan en la cámara de secado 358 y la cámara impelente de separación 356. Sin embargo, el flujo de gas de cobertura debe mantenerse por debajo de un nivel en el que el polvo acabado fluidificaría y pasaría a estar en el aire. El flujo de gas de cobertura también debe establecerse para no presurizar el recipiente de recogida 352 hasta tal punto que se evite que el producto seco caiga hacia abajo al interior

del recipiente de recogida 352. Cuando se desee, el recipiente de recogida 352 puede separarse del cono de recogida 354 para retirar el producto acabado. Al hacerlo, un dispositivo de cierre tal como un tapón o tapa convencional puede colocarse sobre el extremo superior abierto del recipiente de recogida 352 para evitar la exposición del producto al aire ambiente que puede contener humedad y oxígeno.

5 Una divulgación adicional, que no forma parte de la presente invención, está realizada de un secador por pulverización configurado como un sistema de refrigeración por pulverización 400 para realizar la refrigeración por pulverización de corrientes de flujo fundidas, tales como ceras y polímeros que son sólidos en o cerca de condiciones atmosféricas, se muestra en las figuras 34 y 35. El sistema de refrigeración por pulverización 400 de las figuras 34 y 35 está configurado
10 para descargar el material de alimentación fundido en el interior de una corriente de gas frío o refrigerado en la cámara de secado 12 del secador por pulverización para formar partículas sólidas. El sistema de refrigeración por pulverización 400 de las figuras 34 y 35 tienen algunas similitudes con la realización de la figura 15A y a elementos similares a los descritos anteriormente se les ha dado números de referencia similares.

15 Según un aspecto importante de esta divulgación, el sistema de refrigeración por pulverización 400 de las figuras 34 y 35 usan un conjunto de boquilla de pulverización por pulsación 402 para descargar el material fundido al interior de la cámara de secado 12. Más particularmente, el conjunto de boquilla de pulverización por pulsación 402 está configurado para producir un flujo de pulsación que alterna entre las condiciones de flujo activado y desactivado. Una vista en sección de una divulgación a modo de ejemplo de un conjunto de boquilla de pulverización por pulsación 402
20 adecuado se muestra en la figura 35. El conjunto de boquilla de pulverización 402 de la figura 35 está accionado eléctricamente e incluye un cuerpo de boquilla 404 que tiene una punta de pulverización 406 que define un orificio de descarga 407 fijado en un extremo aguas abajo del mismo y un émbolo metálico 408 dispuesto dentro de una bobina de solenoide 410. La bobina de solenoide 410 se acopla apropiadamente a una fuente eléctrica exterior mediante cables eléctricos en este caso contenidos en un conducto 412 adecuado que se extiende desde el cuerpo de boquilla
25 404. De una manera conocida, el accionamiento eléctrico de la bobina de solenoide 410 es efectivo para mover el émbolo de válvula 408 a una posición abierta de punta de pulverización contra la fuerza de derivación de un resorte de cierre 414. Cuando está en la posición abierta, el material fundido que entra a través del puerto de entrada 416 del cuerpo de boquilla 404 puede pasar a través del cuerpo de boquilla 404 y descargarse desde la boquilla a través de la punta de pulverización 406. Cuando la bobina de solenoide 410 está desactivada, el resorte de cierre 414 mueve el
30 émbolo de válvula 408 a una posición cerrada de punta de pulverización que bloquea el flujo de material fundido fuera de la punta de pulverización 406. Tales conjuntos de boquillas de pulverización accionados eléctricamente pueden ciclarse a altas velocidades entre las posiciones abierta y cerrada para la descarga intermitente de la corriente de flujo fundida.

35 El conjunto de boquilla de pulverización 402 ilustrado se calienta con el fin de ayudar a mantener una temperatura elevada deseada del material de alimentación fundido hasta el punto en el que el material se descarga desde la punta de pulverización 406. Además, el conjunto de boquilla de pulverización 402 ilustrado está configurado de manera que la punta de pulverización 406 puede retirarse del cuerpo de boquilla 404 e intercambiarse con otra punta de pulverización configurada de manera similar o diferente. La punta de pulverización 406 del conjunto de boquilla de
40 pulverización 402 está configurada preferiblemente para producir un patrón de descarga en forma de abanico, lo que puede ayudar a evitar la colisión de partículas a medida que se refrigeran por pulverización. Sin embargo, puede usarse un patrón de descarga de cono completo o de cono hueco dependiendo de la aplicación, propiedades físicas del material de alimentación y requisitos de química o morfología. Si se usa un patrón en forma de abanico, pueden usarse múltiples boquillas de pulverización que están dispuestas de manera que las partes rectas de los patrones en
45 forma de abanico sean paralelas entre sí. Con tal disposición, la función de encendido/apagado de cada boquilla de pulverización individual puede sincronizarse con las boquillas adyacentes para ayudar a evitar colisiones de gotas. La capacidad de intercambiar la punta de pulverización 406 en el cuerpo de boquilla 404 puede permitir que el conjunto de boquilla de pulverización 402 produzca diferentes ángulos de pulverización y tamaños de gotas dependiendo, por ejemplo, de la aplicación y/o el material de materia prima que esté usándose. En la divulgación ilustrada, el cuerpo de
50 boquilla 404 y la punta de pulverización 406 están configurados para producir atomización hidráulica del material fundido. En otros ejemplos, el conjunto de boquilla de pulverización por pulsación 402 puede configurarse para proporcionar atomización de aire de la corriente de flujo fundido.

El conjunto de boquilla de pulverización por pulsación 402 puede ser de un tipo conocido comercialmente tal como el
55 ofrecido por Spraying Systems Co., cesionario de la presente solicitud, bajo la marca comercial PulaJet. Diversos componentes y su modo de funcionamiento del conjunto de boquilla de pulverización 402 ilustrado son similares a los descritos en la patente estadounidense n.º 7.086.613. Alternativamente, puede usarse cualquier conjunto de boquilla de pulverización que sea capaz de producir una acción de pulverización por pulsación y esté configurado para detener el flujo desde la boquilla y luego para entregar inmediatamente presión completa a la punta de boquilla una vez que el
60 flujo comienza de nuevo.

Como en la realización de la figura 15A, durante una operación de refrigeración por pulverización, el gas de secado entregado a la cámara de secado 12 se enfría mediante un refrigerador, por ejemplo, mediante una bobina de deshumidificación. A medida que las gotas atomizadas descargadas desde el conjunto de boquilla de pulverización
65 por pulsación 402 entran en la zona de gas de secado 127, se solidifican para formar partículas que caen al interior del cono de recogida 18 y se recogen en la cámara de recogida 19 a medida que la corriente de gas sale para la

recirculación. El revestimiento retirable 100 ayuda de nuevo en la limpieza de la cámara del secador, ya que puede retirarse y desecharse. Puede proporcionarse un hueco de aire de aislamiento 101 para evitar que la cámara de secado 12 se enfríe lo suficiente como para que se forme condensación en la superficie exterior.

5 Para garantizar que el material de alimentación fundido permanece a una temperatura deseada hasta el punto en que se descargue al interior del secador por pulverización, el sistema de refrigeración por pulverización 400 puede configurarse con un circuito de recirculación calentado que, por ejemplo, puede mantener la materia prima fundida que se suministra al conjunto de boquilla de pulverización 402 a una temperatura elevada deseada. Un ejemplo de tal bucle de recirculación se muestra en la figura 34. El bucle de recirculación ilustrado incluye un tanque de contención de líquido calentado 420 que almacena el material fundido. El tanque de contención 420 está conectado al conjunto de boquilla 402 por una línea de suministro 422 que se comunica con el puerto de entrada 416 del conjunto de boquilla de pulverización 402 y una línea de recirculación 424 que se comunica con un puerto de recirculación 426 del conjunto de boquilla de pulverización (mostrado esquemáticamente en la figura 34). Un sensor de temperatura 428 dispuesto en la línea de suministro 422 cerca del conjunto de boquilla de pulverización 402 se comunica con y controla un calentador 430 en el tanque de contención 420 de manera que el material fundido se mantiene a una temperatura deseada, por ejemplo, justo por encima del punto de fusión. Mantener el material fundido justo por encima de la temperatura de fusión reduce la cantidad de transferencia de calor que es necesaria con el fin de convertir las gotas de material fundido en partículas en la cámara de secado 12 ayudando a garantizar que las gotas se solidifiquen lo más rápido posible.

20 Los altos flujos pueden sobrepasar la capacidad de carga de calor del gas de secado, lo que conduce a una formación de gotas inadecuada. La acción pulsante producida por el conjunto de boquilla de pulverización 402 elimina los altos flujos y permite la entrega a presión total de material fundido, lo que puede ayudar a garantizar la formación de gotas adecuada. Adicionalmente, la descarga por pulsación del conjunto de boquilla de pulverización 402 evita la descarga excesiva e insuficiente de material fundido, lo que también puede conducir al deterioro de la formación de gotas.

25 Para mover el material fundido desde el tanque de contención 420 hasta el conjunto de boquilla de pulverización 402, se proporciona una bomba 432 en la línea de suministro 422. En este caso, la bomba 432 se acciona por un accionamiento de velocidad variable 434 que permite ajustar la presión entregada por la bomba 432. También podrían usarse otras disposiciones de accionamiento ajustables para la bomba 432. Un sensor de presión 436 dispuesto en la línea de suministro 422 cerca del conjunto de boquilla de pulverización 402 monitoriza la presión del material fundido y esta información se comunica al accionamiento de velocidad variable 434 y puede usarse para garantizar que la bomba 432 suministre el material fundido al conjunto de boquilla de pulverización a una presión constante. El bucle de recirculación calentado permite un control preciso de la temperatura del material fundido justo hasta el conjunto de boquilla de pulverización, lo que incluye garantizar que el material fundido permanezca a la temperatura deseada incluso cuando se interrumpe una operación de pulverización. En tal caso, el bucle de recirculación calentado asegura que el material fundido esté a la temperatura deseada para un rendimiento óptimo del sistema inmediatamente después de reanudar la pulverización.

40 De lo anterior, puede observarse que se proporciona un sistema de secador por pulverización que es más eficiente y versátil en funcionamiento. Debido a la eficiencia de secado mejorada, el sistema de secador por pulverización puede ser tanto de menor tamaño como de uso más económico. El sistema de pulverización electrostática es además efectivo para secar diferentes lotes de producto sin contaminación cruzada y es fácilmente modificable, tanto en técnicas de procesamiento como en tamaño, para aplicaciones de pulverización particulares. El sistema de secado por pulverización además es menos susceptible al fallo eléctrico y las explosiones peligrosas a partir del polvo fino dentro de la atmósfera de la cámara de secado. El sistema puede funcionar además selectivamente para formar partículas que se aglomeran en una forma que facilita mejor su uso posterior. El sistema tiene además un sistema de filtración de gases de escape para retirar de manera más efectiva y eficiente materia particulada en el aire del gas de secado que sale del secador y que incluye medios automáticos para retirar la acumulación de materia particulada secada en los filtros que pueden impedir el funcionamiento y requerir un mantenimiento costoso. Adicionalmente, el sistema está equipado con un sistema de cobertura de gas para proteger el producto acabado recogido de la exposición al gas cargado de humedad, calor y oxígeno de la cámara de secado. Sin embargo, el sistema es relativamente simple en cuanto a construcción y se presta a una fabricación económica.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de secado por pulverización para secar líquido hasta convertirlo en polvo que comprende:
5 un cuerpo alargado soportado en una posición vertical;
una disposición de cierre en extremos superior e inferior opuestos del cuerpo alargado para formar una cámara de secado (12, 358) dentro del cuerpo alargado;
10 una de las disposiciones de cierre que incluye una entrada de gas de secado para acoplarse a una fuente de gas de secado calentado y para dirigir gas de secado calentado al interior de la cámara de secado (12, 358);
un conjunto de boquilla de pulverización electrostática (16) soportado en una de las disposiciones de cierre;
15 dicho conjunto de boquilla de pulverización electrostática (16) que incluye un cuerpo de boquilla (32) que tiene una entrada de líquido (38) para acoplarse a un suministro de líquido, un conjunto de punta de pulverización de descarga (34) en un extremo aguas abajo para dirigir líquido que va a secarse al interior de la cámara de secado (12, 358)
20 y un electrodo (48) para acoplarse a una fuente eléctrica para cargar eléctricamente líquido que pasa a través del conjunto de boquilla de pulverización (16) al interior de la cámara de secado (12, 358), y
dicha disposición de cierre de extremo inferior que incluye un recipiente de recogida de polvo (352) para recoger polvo secado en la cámara de secado (12, 358), estando un extremo superior del recipiente de
25 recogida de polvo (352) en comunicación con la cámara de secado (12, 358) caracterizado porque:
dicho recipiente de recogida de polvo (352) incluye una entrada de gas de cobertura (374) cerca del extremo superior del recipiente de recogida de polvo (352) que se comunica con un suministro de gas de cobertura (380) y está configurado de manera que el gas de cobertura del suministro de gas de cobertura (380) se dirige
30 al interior del recipiente de recogida de polvo para cubrir el polvo en el recipiente de recogida de polvo y proteger de ese modo el polvo secado en el recipiente de recogida (352) de exposición al calor, humedad y oxígeno del gas de secado calentado de la cámara de secado (12, 358).
- 35 2. El sistema de secado por pulverización según la reivindicación 1, que incluye además un sistema de alimentación de gas de cobertura (378) interpuesto entre la entrada de gas de cobertura (374) y el suministro de gas de cobertura (380).
- 40 3. El sistema de secado por pulverización según la reivindicación 2, en el que el sistema de alimentación de gas de cobertura (378) incluye un dispositivo de control de flujo ajustable (384) que está configurado para ajustar el flujo del gas de cobertura desde el suministro de gas de cobertura (380) hasta la entrada de gas de cobertura (374).
- 45 4. El sistema de secado por pulverización según la reivindicación 3, en el que el sistema de alimentación de gas de cobertura (378) incluye además una válvula de descarga (386) interpuesta entre el dispositivo de control de flujo (384) y la entrada de gas de cobertura (374).
5. El sistema de secado por pulverización según la reivindicación 1, en el que el gas de cobertura no contiene cantidades apreciables de humedad u oxígeno.
- 50 6. El sistema de secado por pulverización según la reivindicación 1, en el que el gas de cobertura es nitrógeno.
7. El sistema de secado por pulverización según la reivindicación 1, en el que el recipiente de recogida de polvo (352) incluye un adaptador (364) dispuesto en el extremo superior del recipiente de recogida de polvo (352) estando dispuesta la entrada de gas de cobertura (374) en una pared lateral del adaptador (364), y estando
55 configurado dicho adaptador (364) para unir de manera retirable el recipiente de recogida de polvo (352) al cuerpo alargado.
8. Un método de secado por pulverización de líquido que comprende las etapas de:
60 dirigir líquido cargado electrostáticamente al interior de una cámara de secado (12, 358) definida por un cuerpo estructural alargado;
secar el líquido cargado electrostáticamente hasta convertirlo en polvo en la cámara de secado (12, 358) usando un gas de secado calentado;
65 recoger el polvo secado en la cámara de secado (12, 358) en un recipiente de recogida de polvo (352) que

se comunica en un extremo superior con la cámara de secado (12, 358) caracterizado por:

cubrir el polvo en el recipiente de recogida de polvo (352) con un gas de cobertura que se introduce en el interior del recipiente de recogida (356) cerca de un extremo superior del recipiente de recogida (356) para cubrir el polvo en el recipiente de recogida (356) y proteger de ese modo el polvo secado de exposición al calor, humedad y oxígeno del gas de secado calentado de la cámara de secado (12, 358).

9. El método de secado por pulverización según la reivindicación 8, en el que el gas de cobertura no contiene cantidades apreciables de humedad u oxígeno.

10. El método de secado por pulverización según la reivindicación 8, en el que el gas de cobertura es nitrógeno.

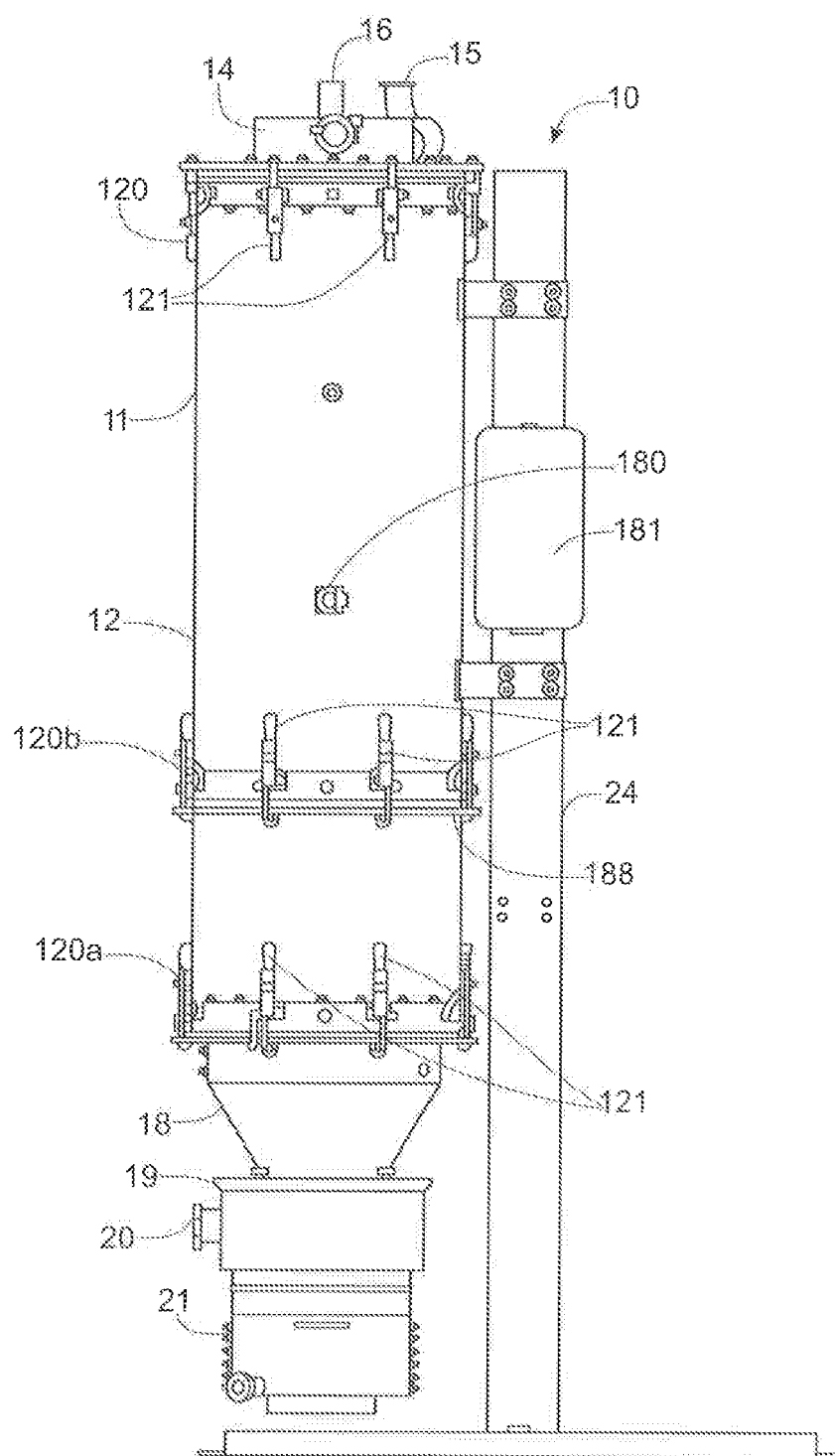


FIG. 1

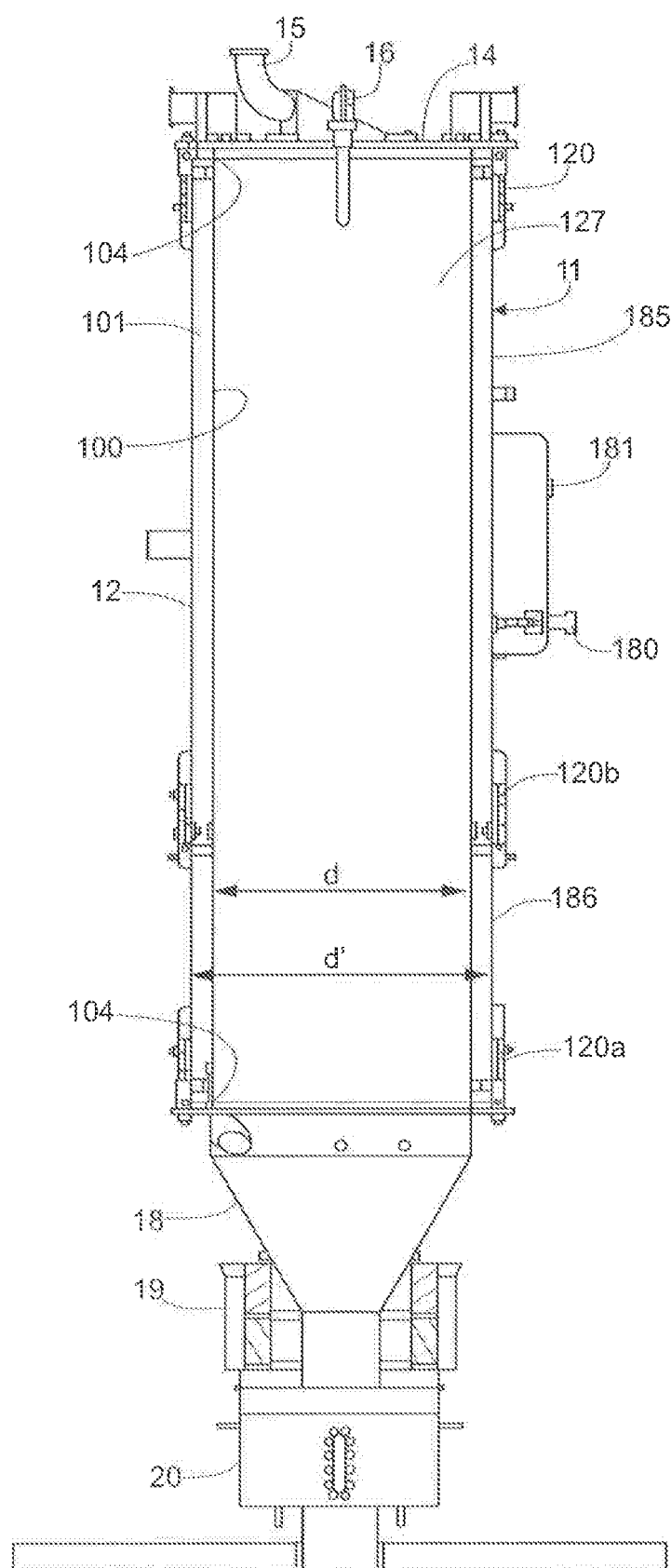


FIG. 2

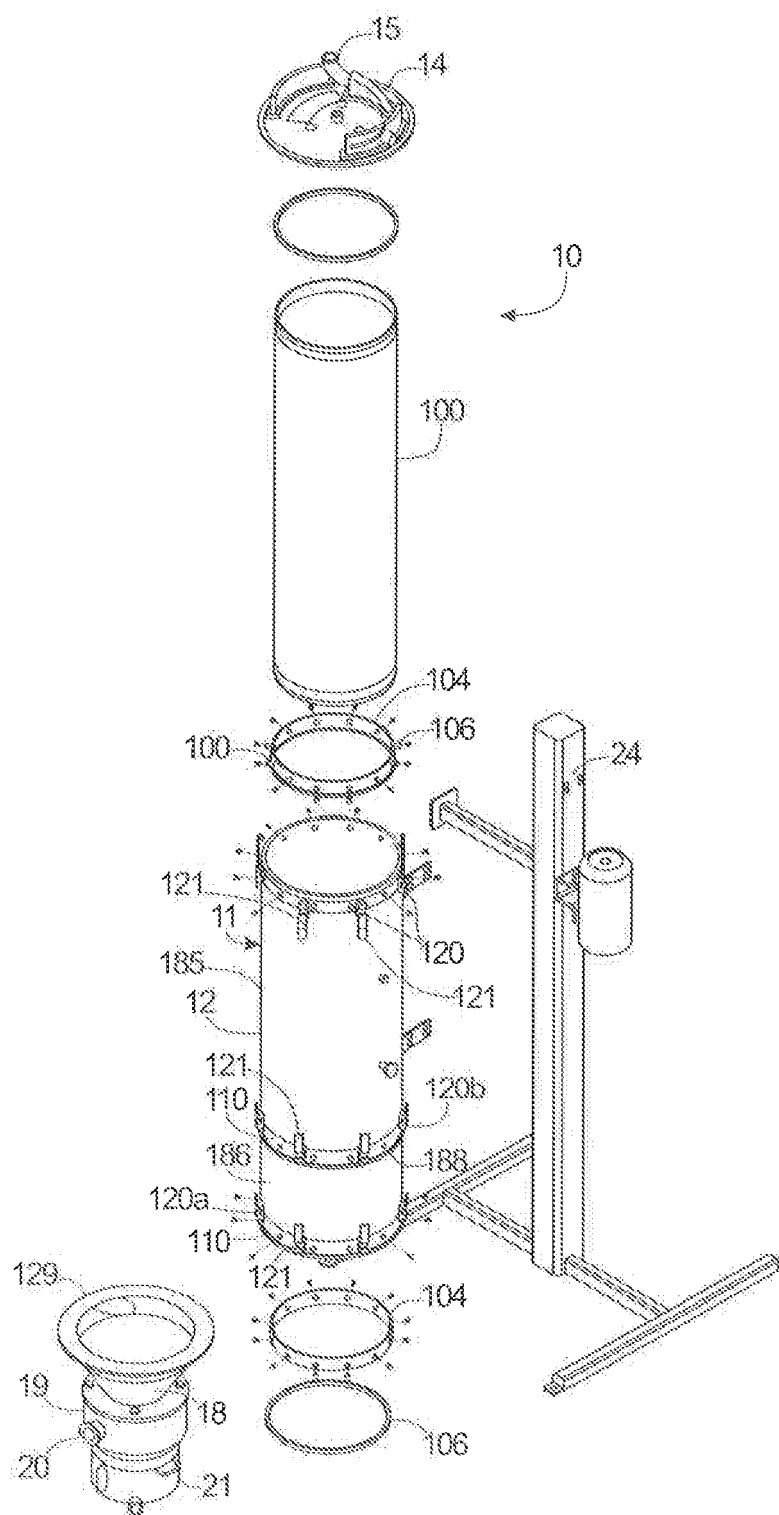


FIG. 3

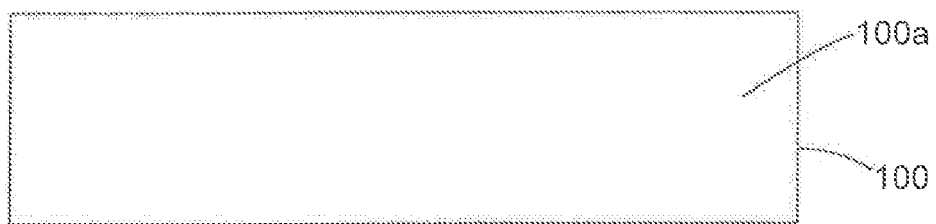


FIG. 3A

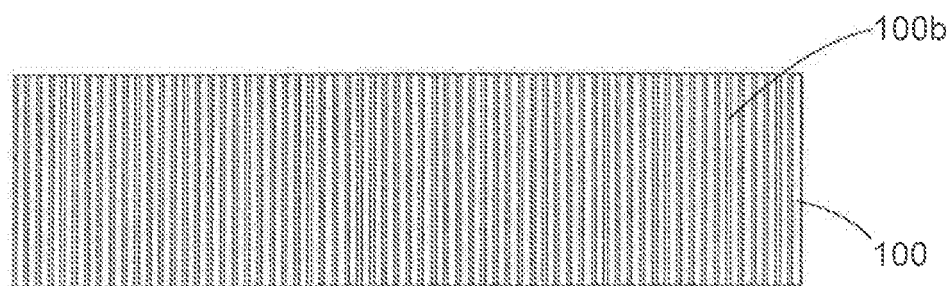


FIG. 3B

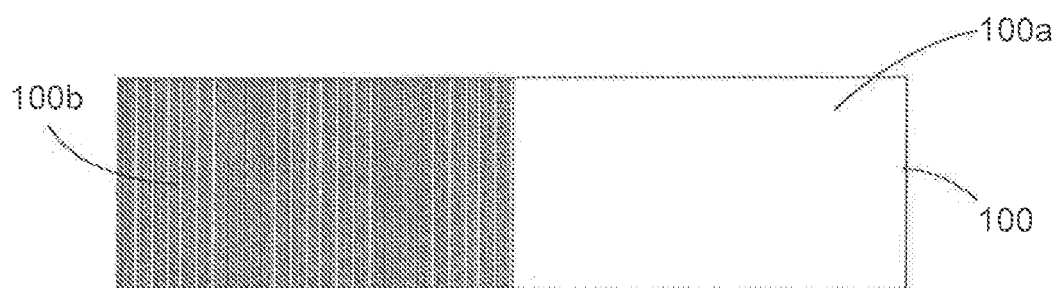


FIG. 3C

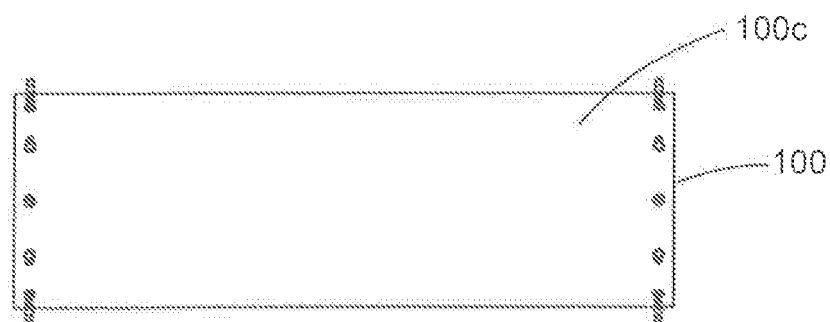


FIG. 3D

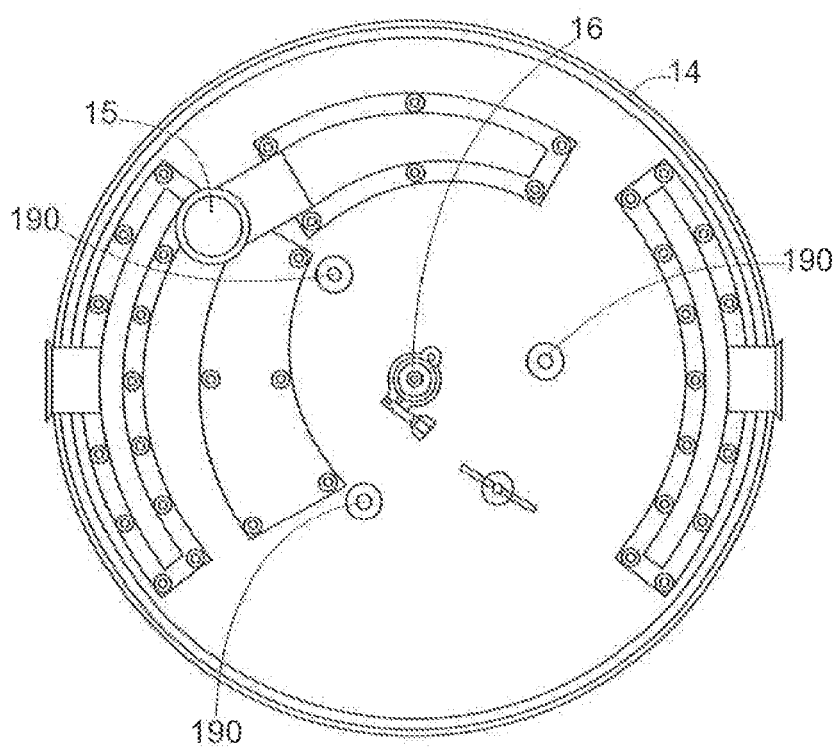


FIG. 4

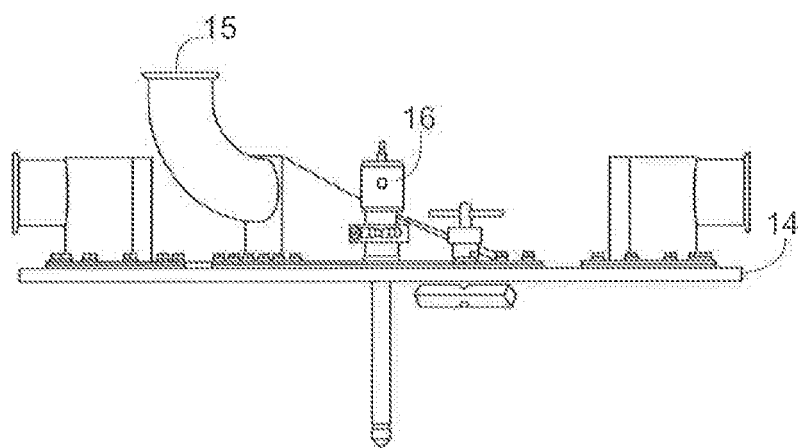
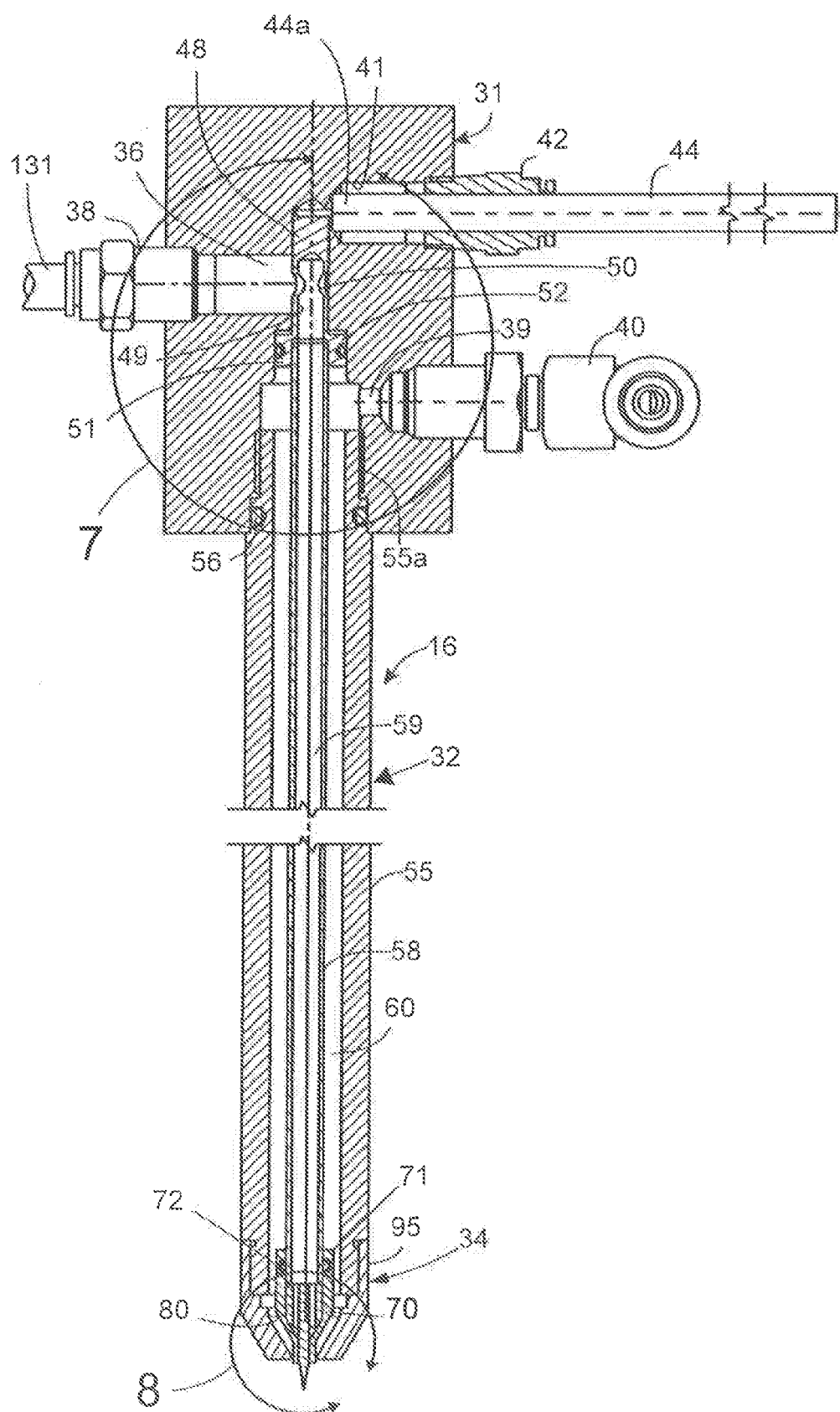


FIG. 5



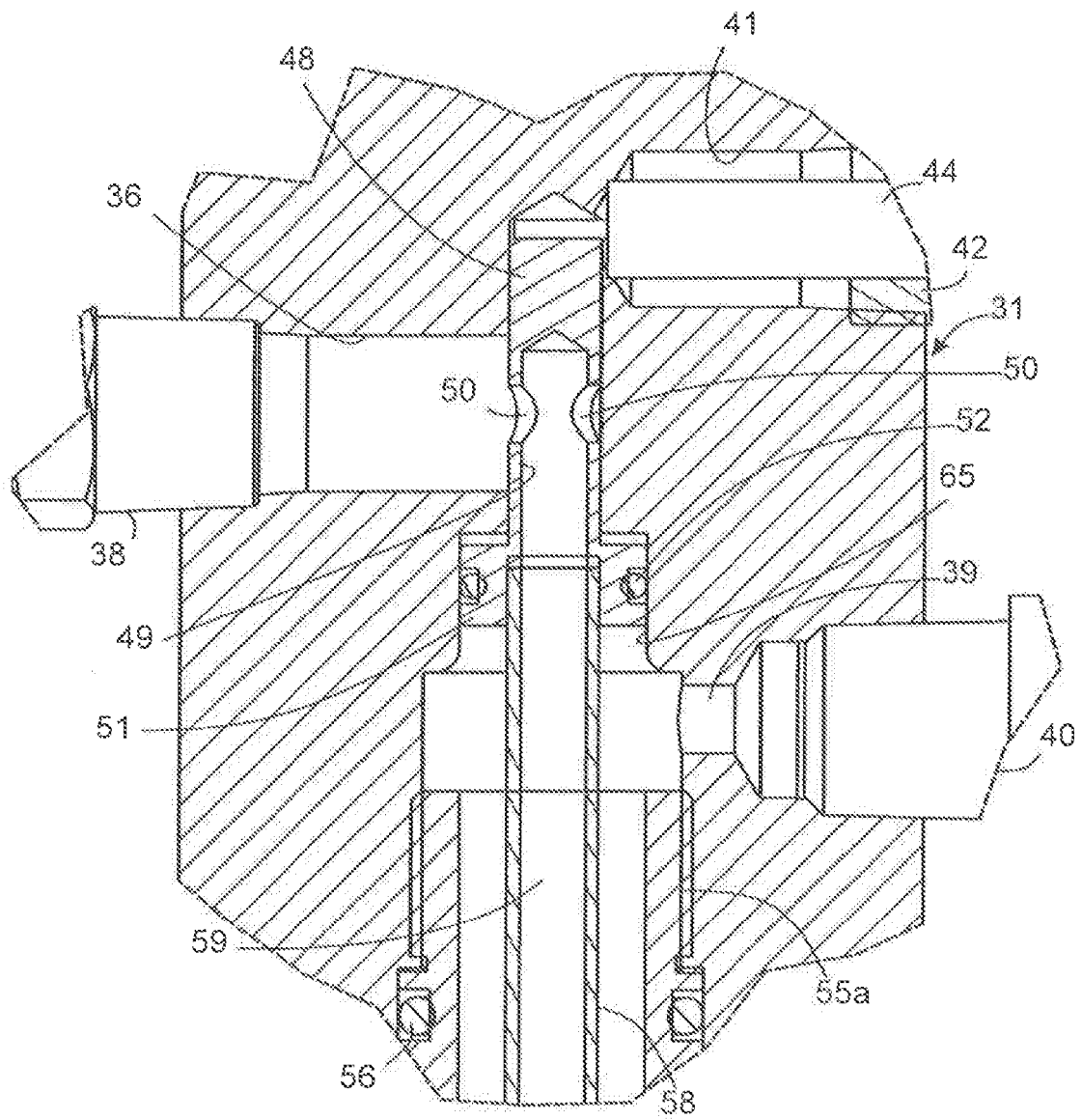


FIG. 7

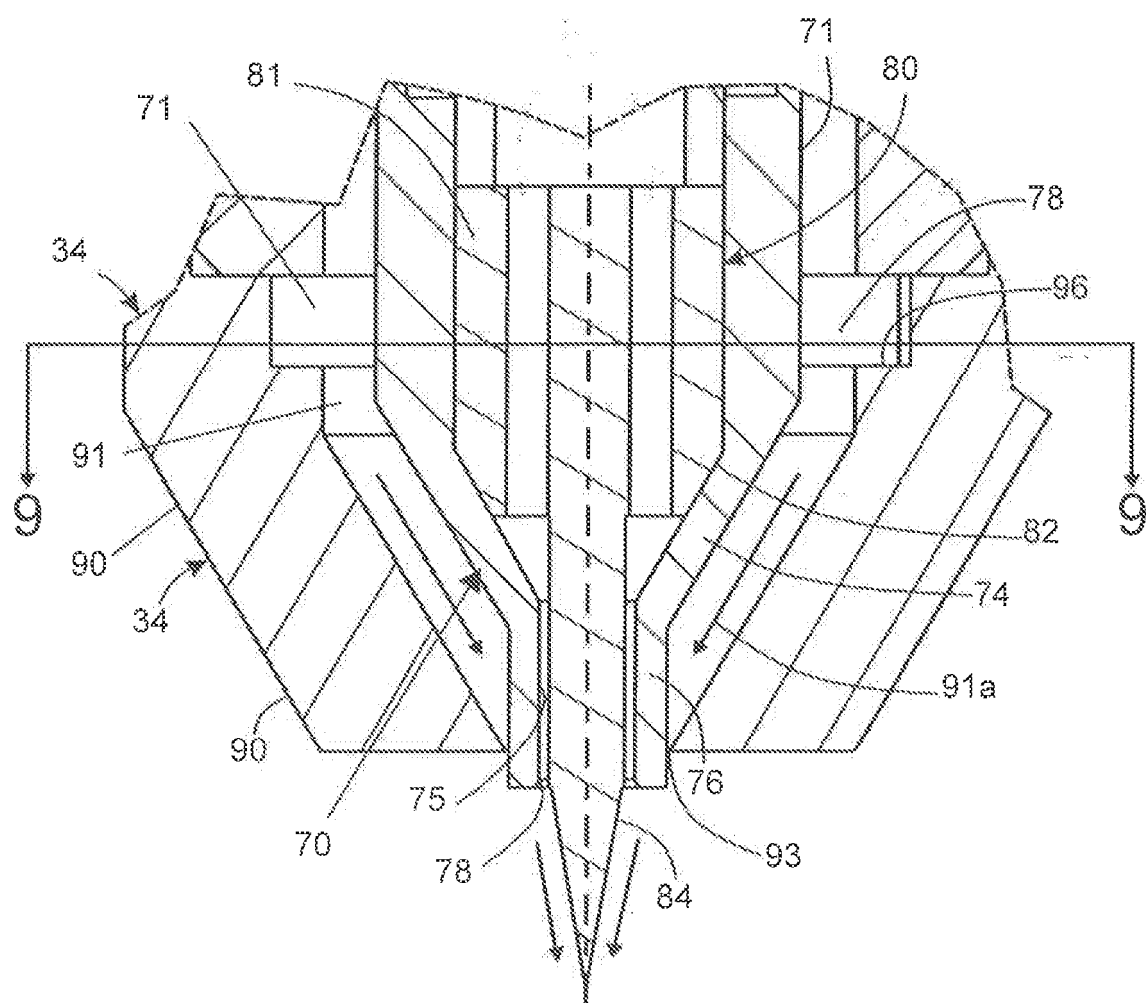


FIG. 8

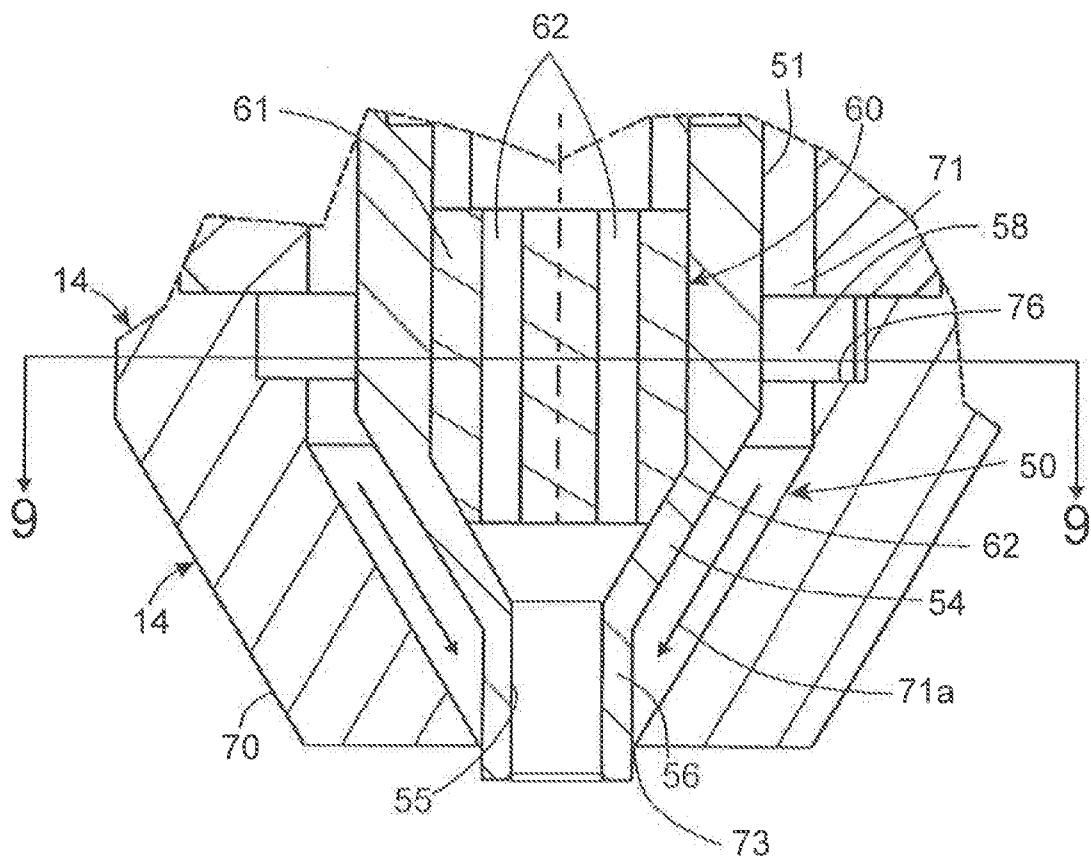


FIG. 8A

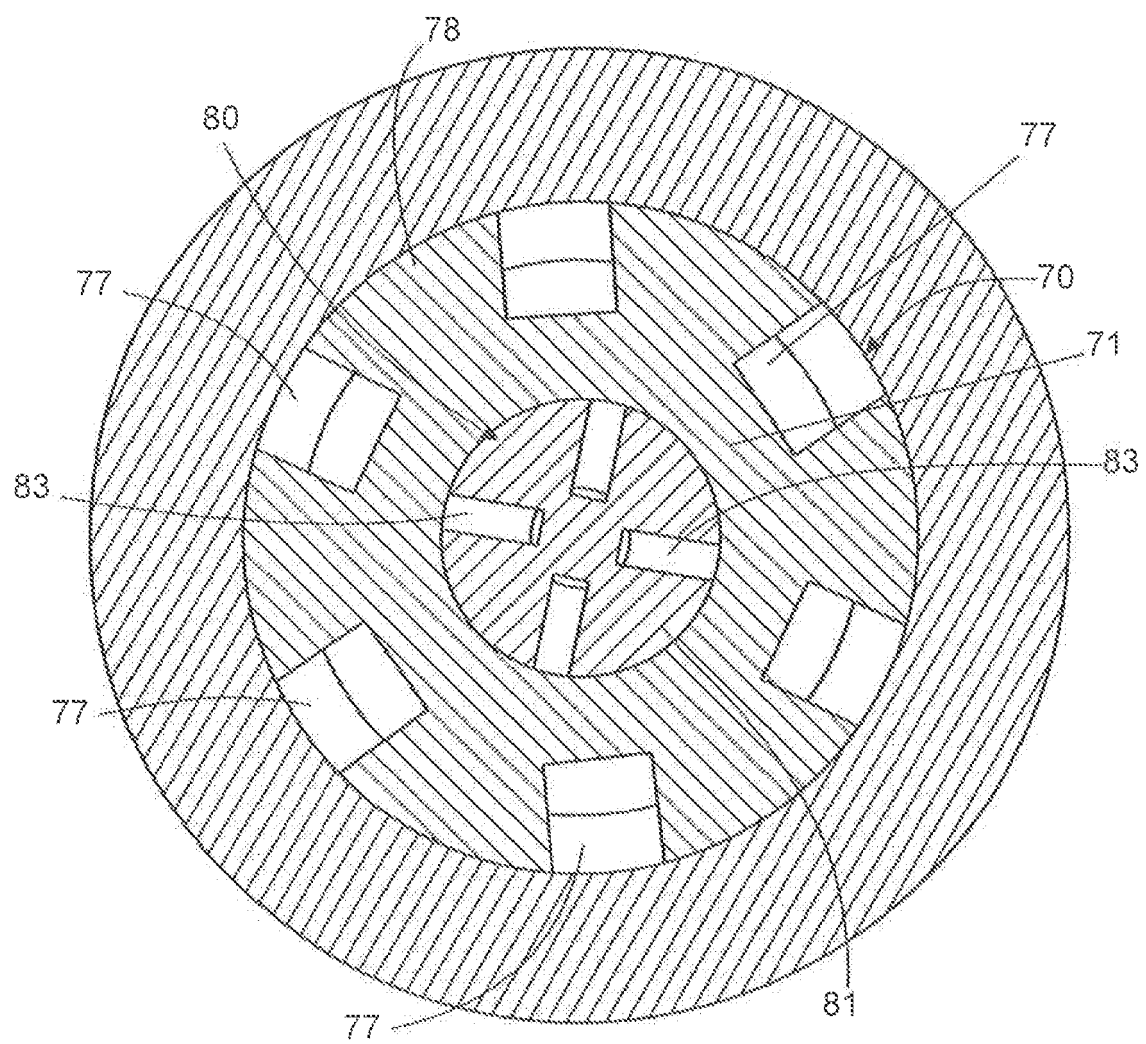


FIG. 9

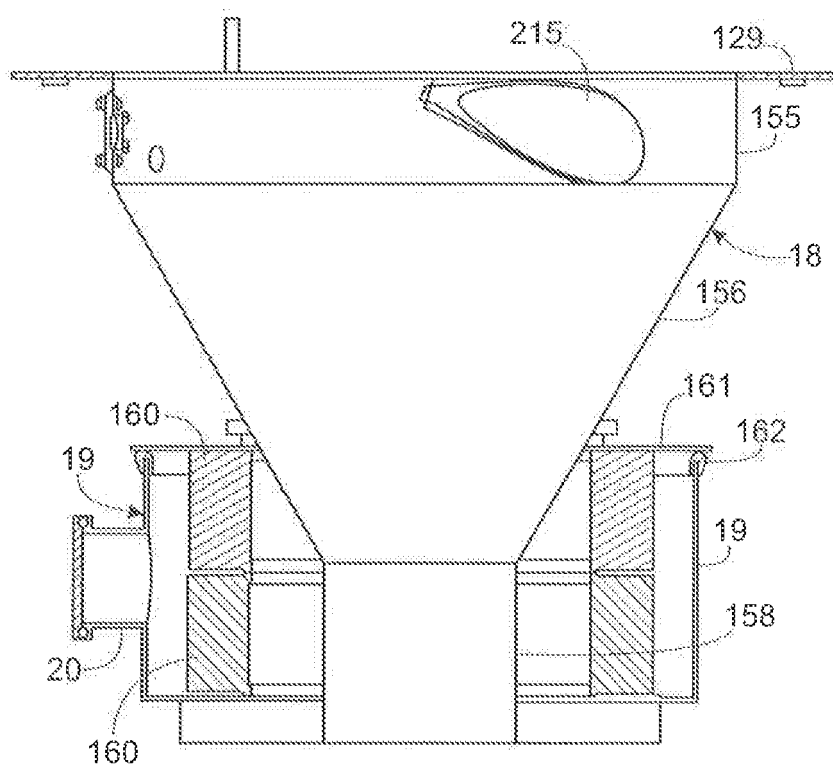


FIG. 10

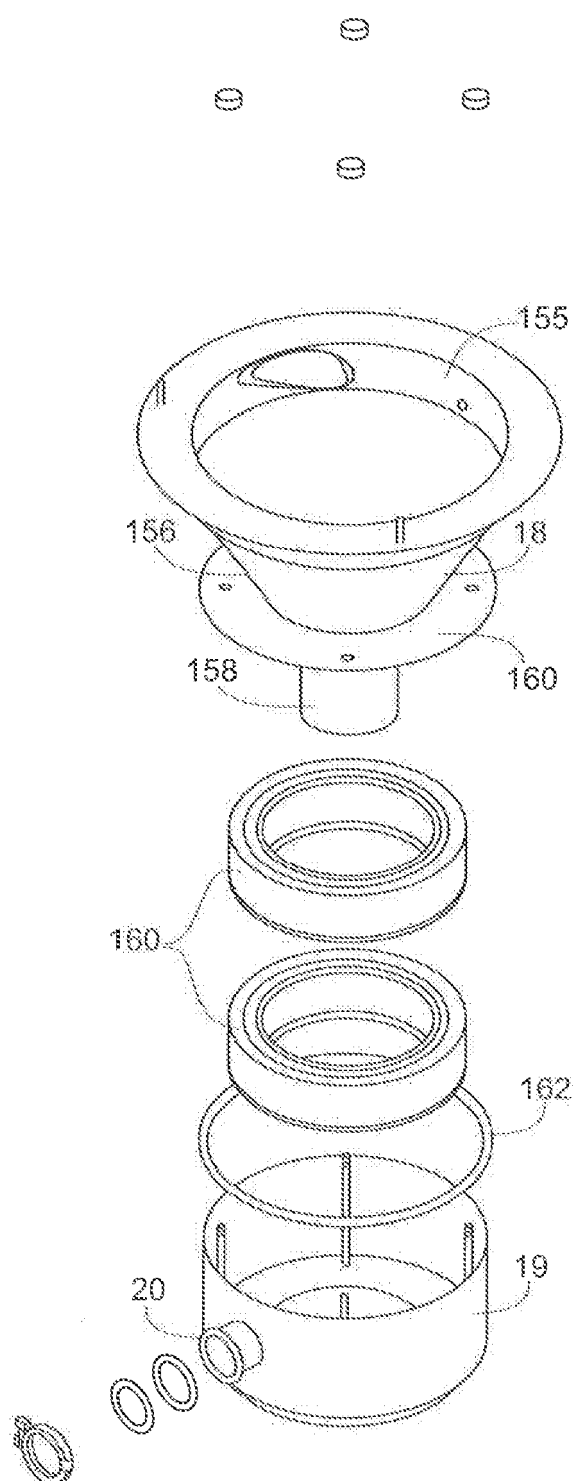


FIG. 10A

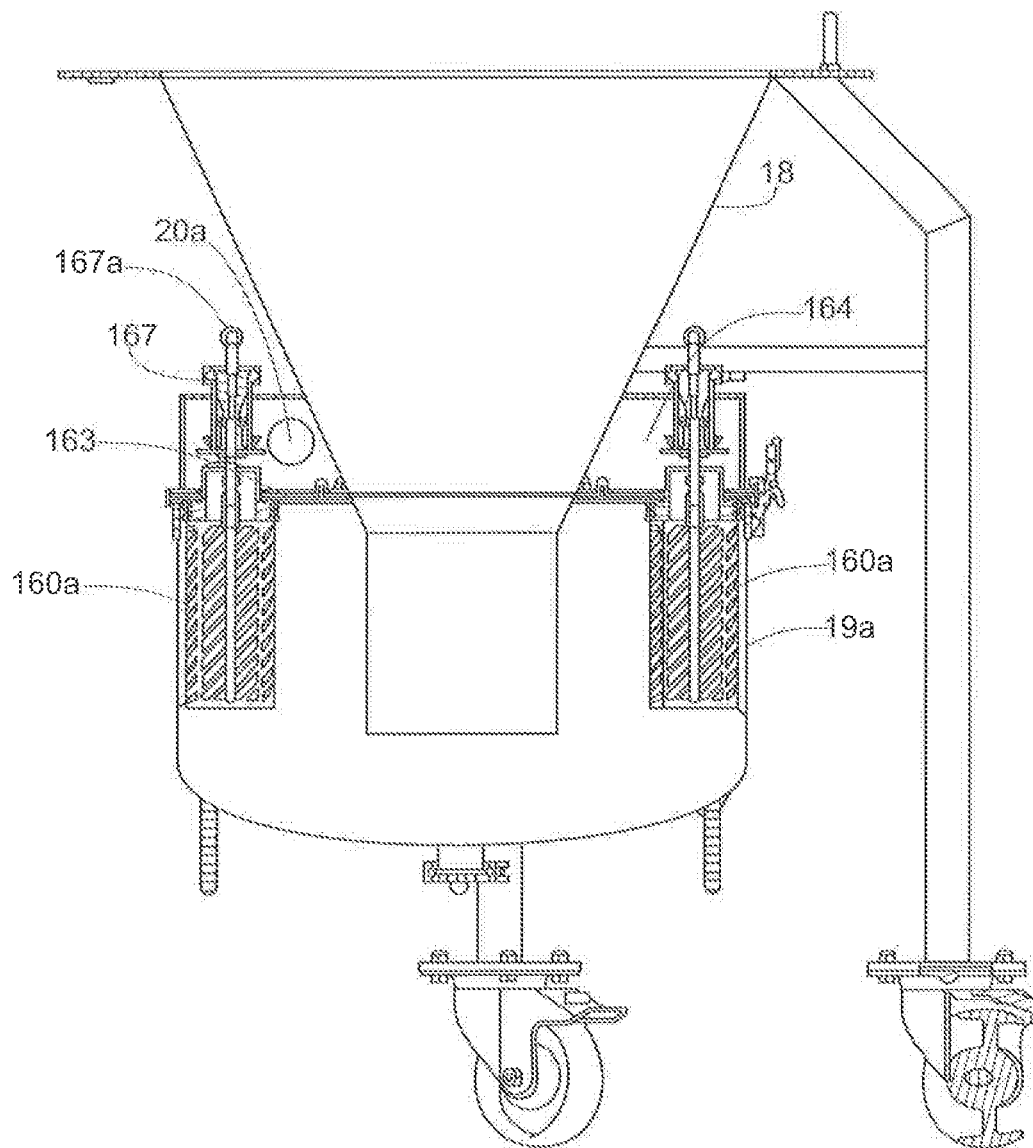


FIG. 11

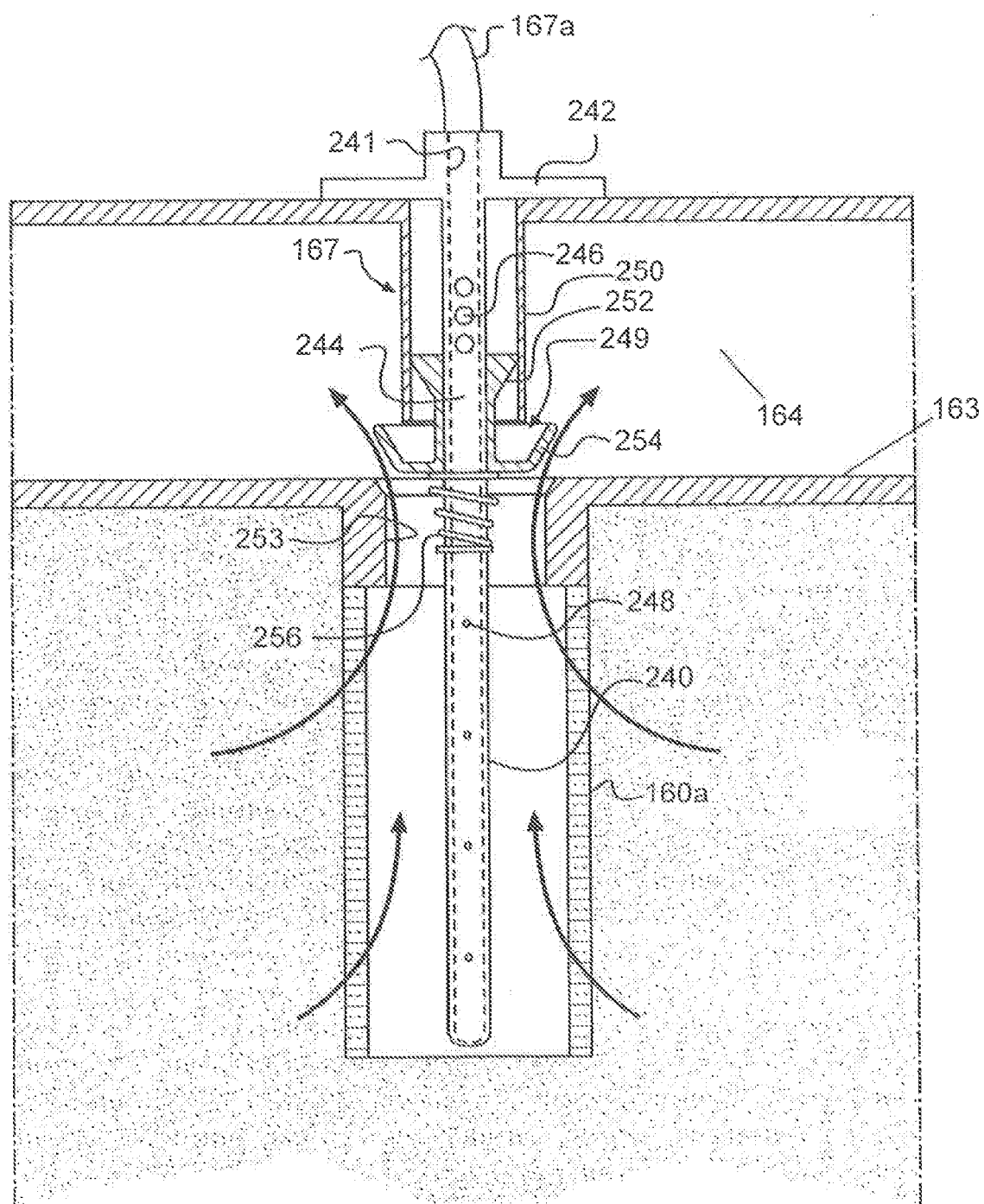


FIG. 11A

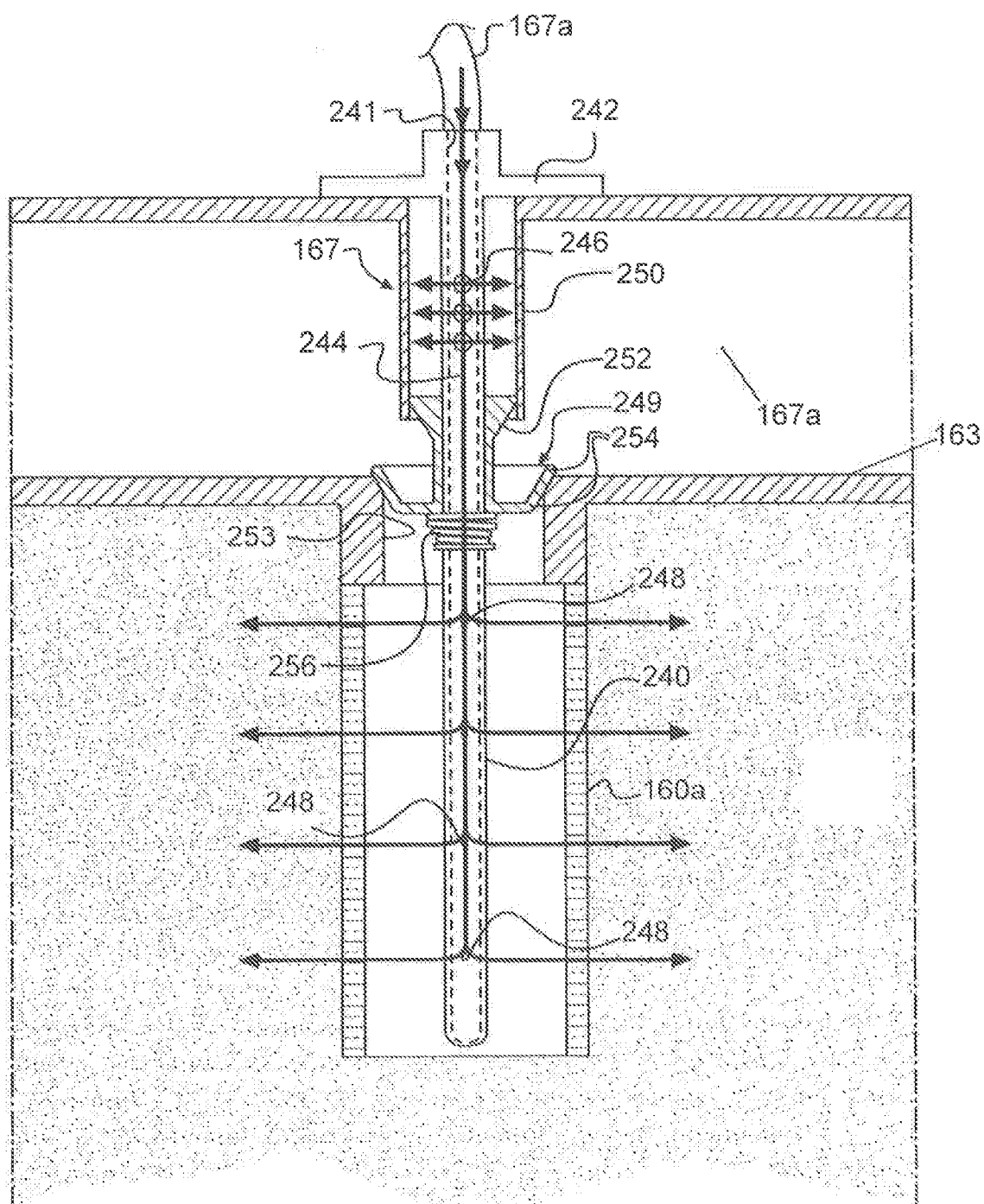


FIG. 11B

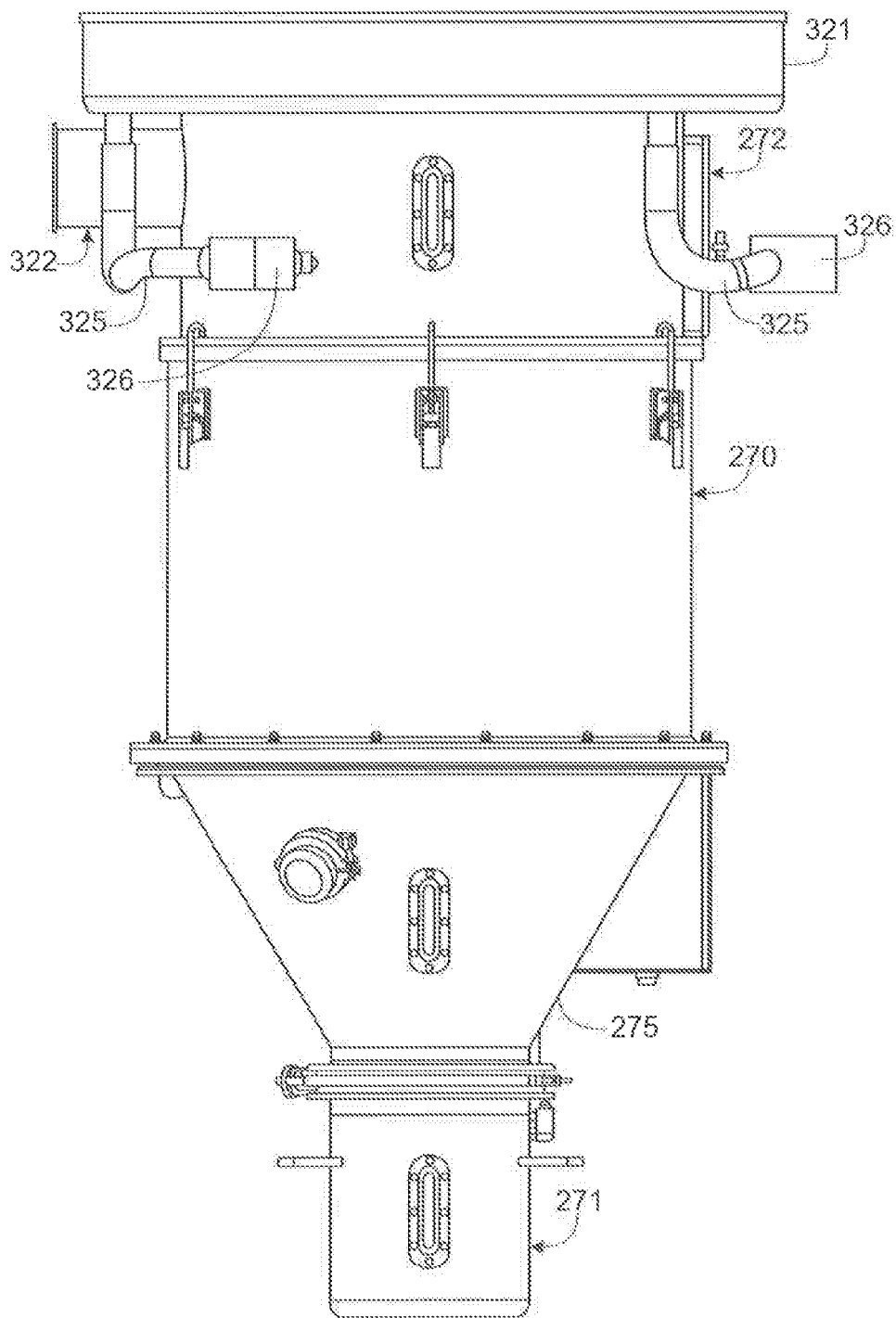


FIG. 12

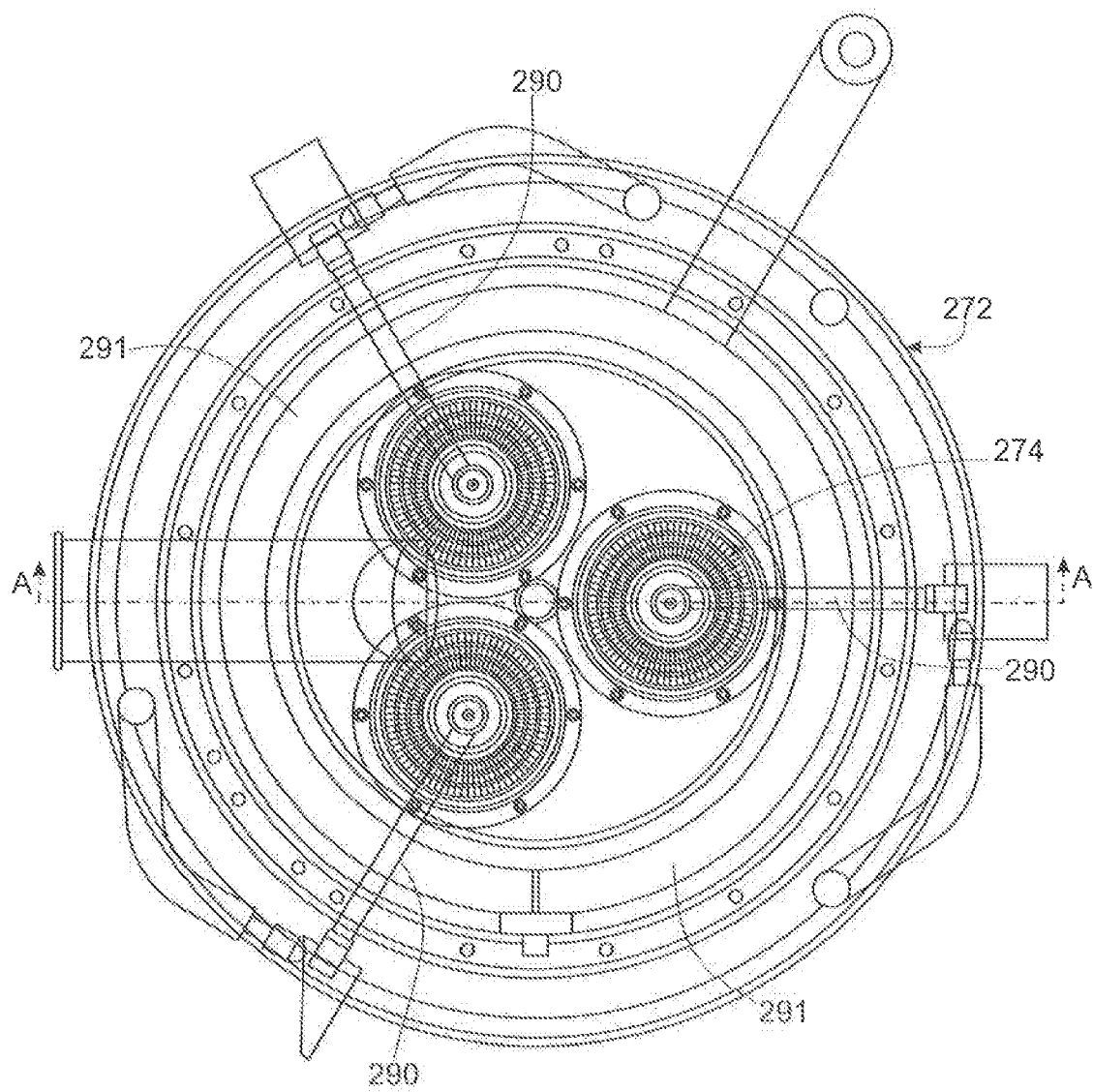


FIG. 12A

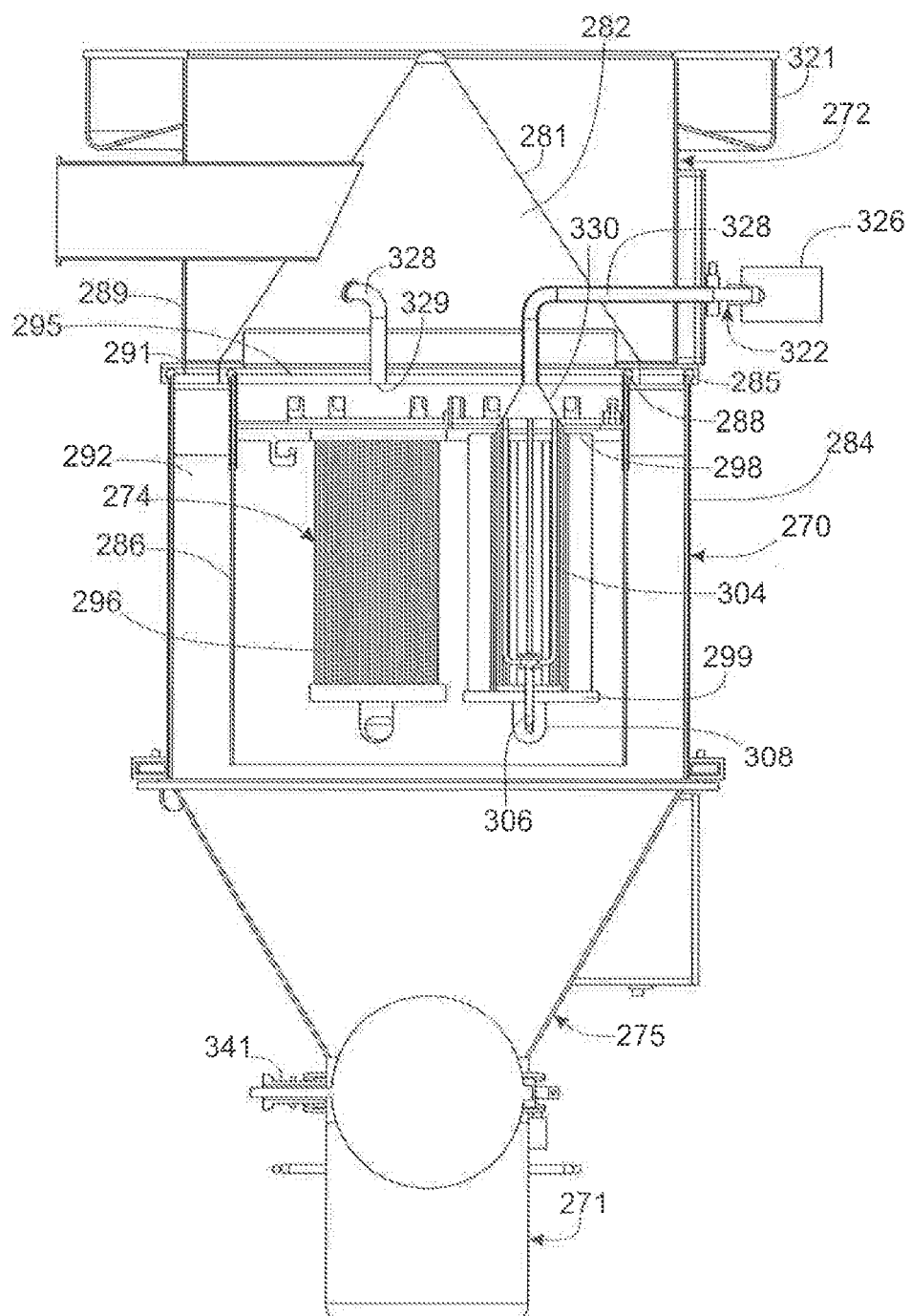


FIG. 12B

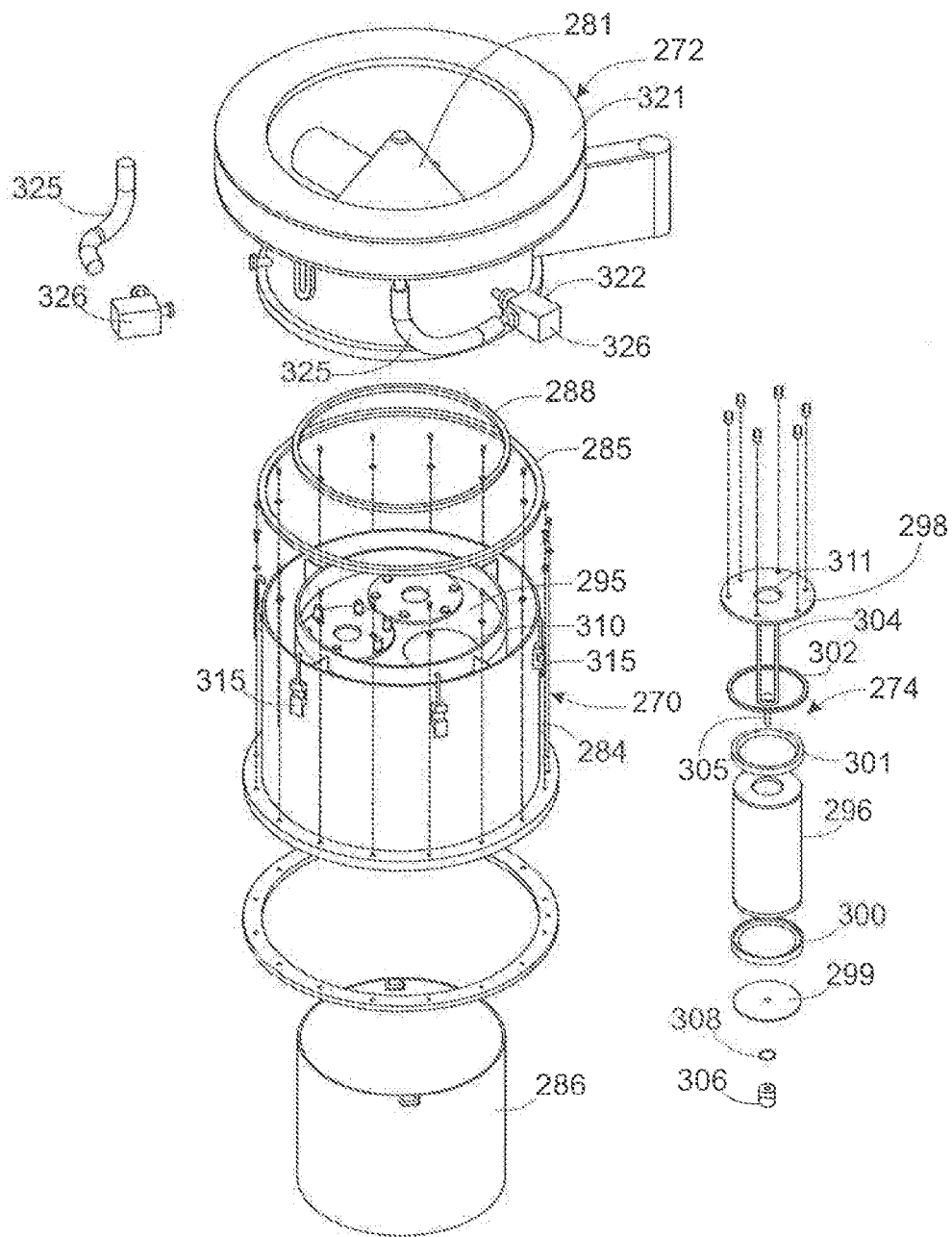


FIG. 12C

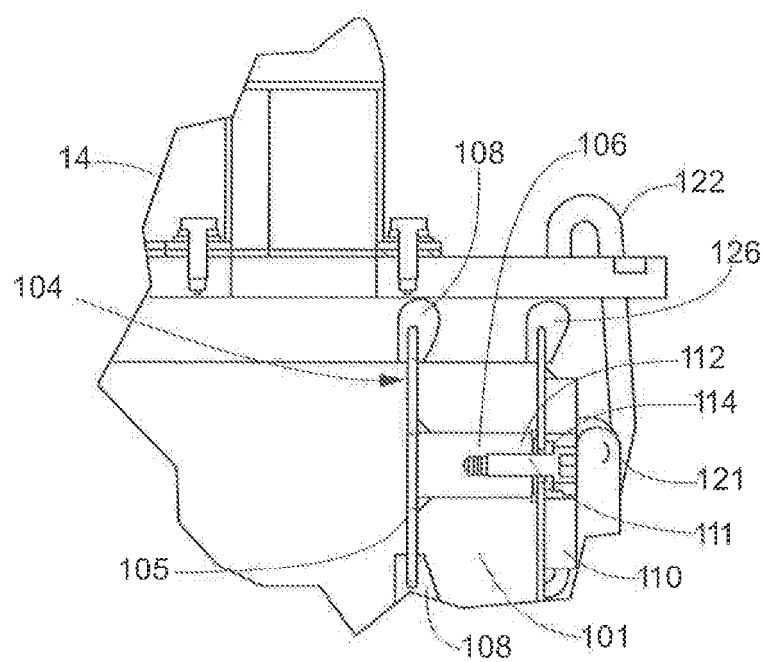


FIG. 13

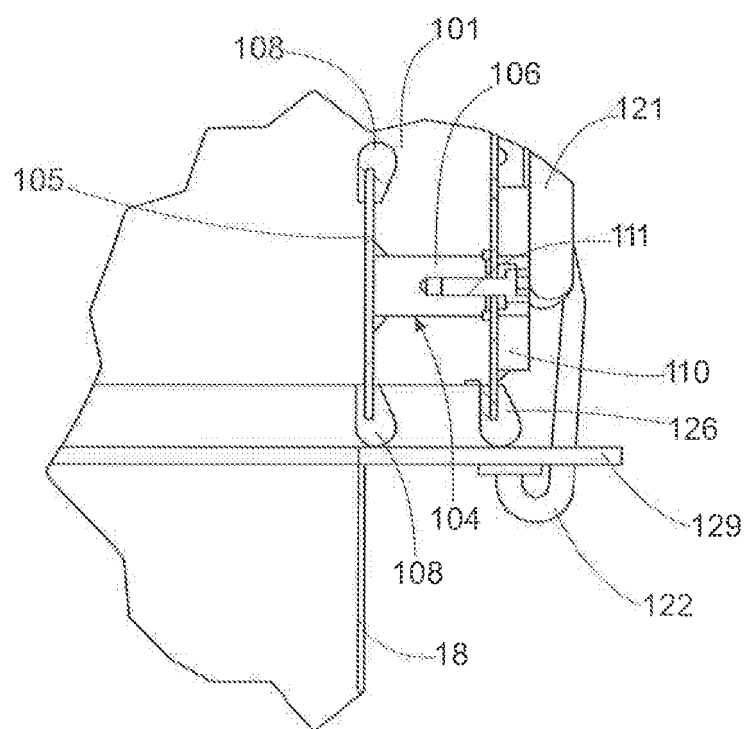


FIG. 13A

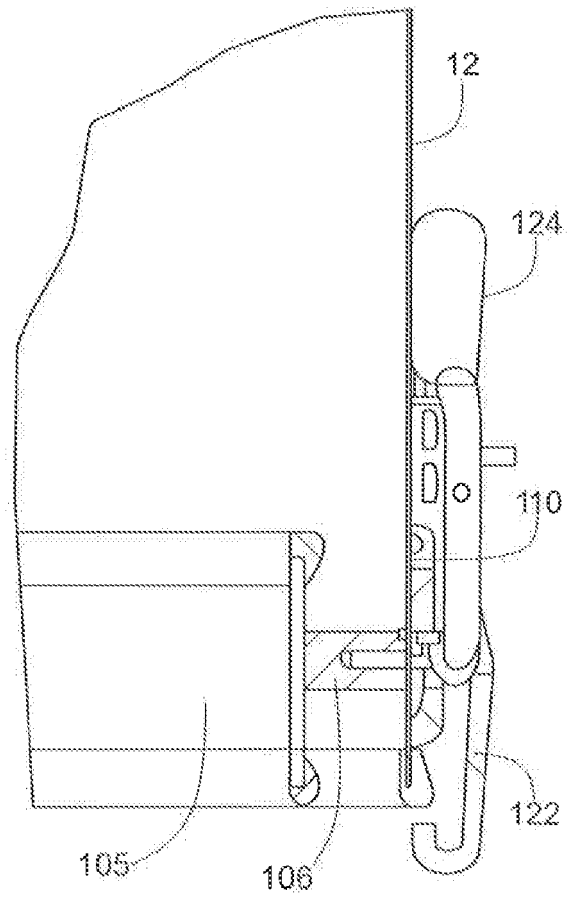


FIG. 14

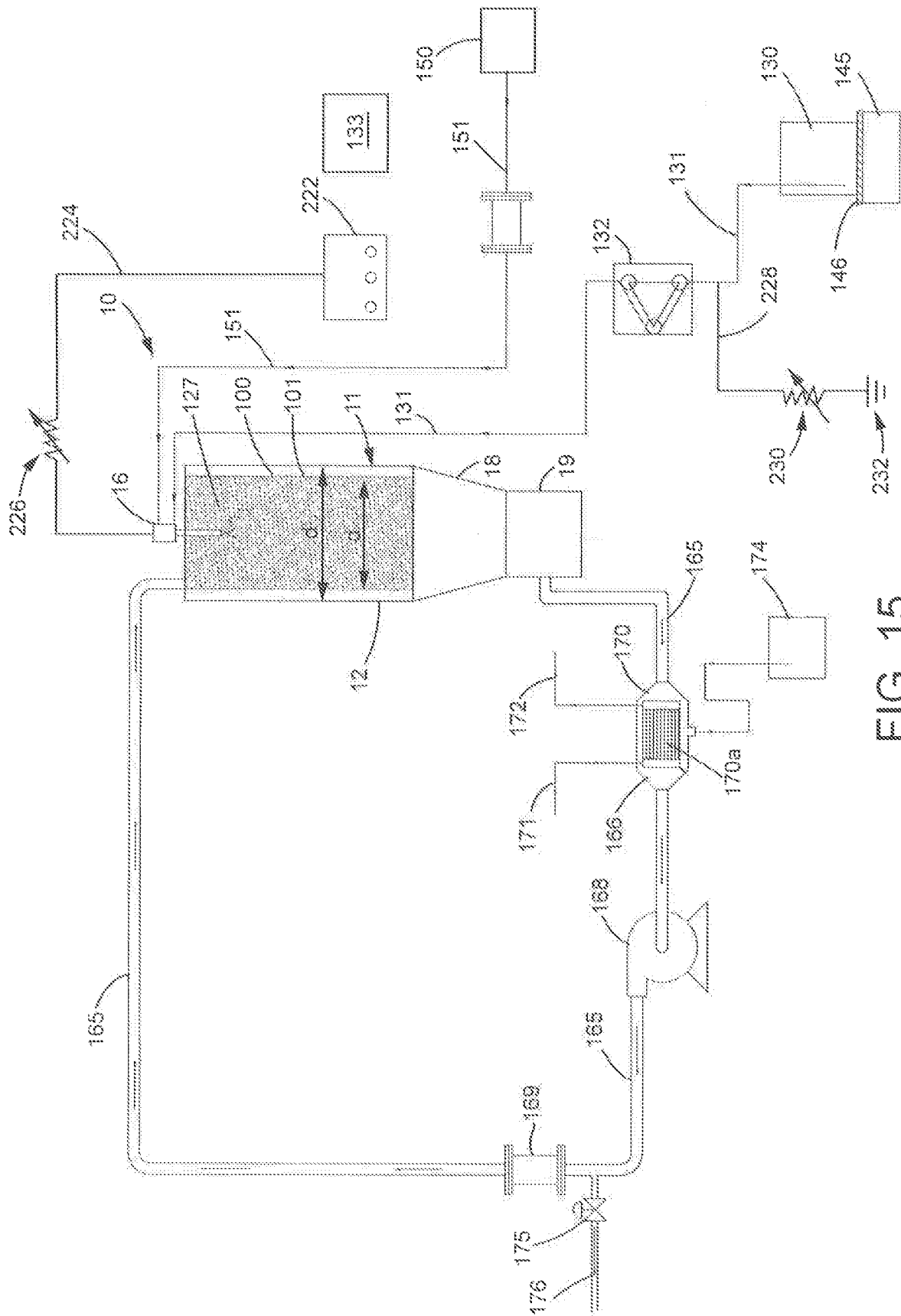


FIG. 15

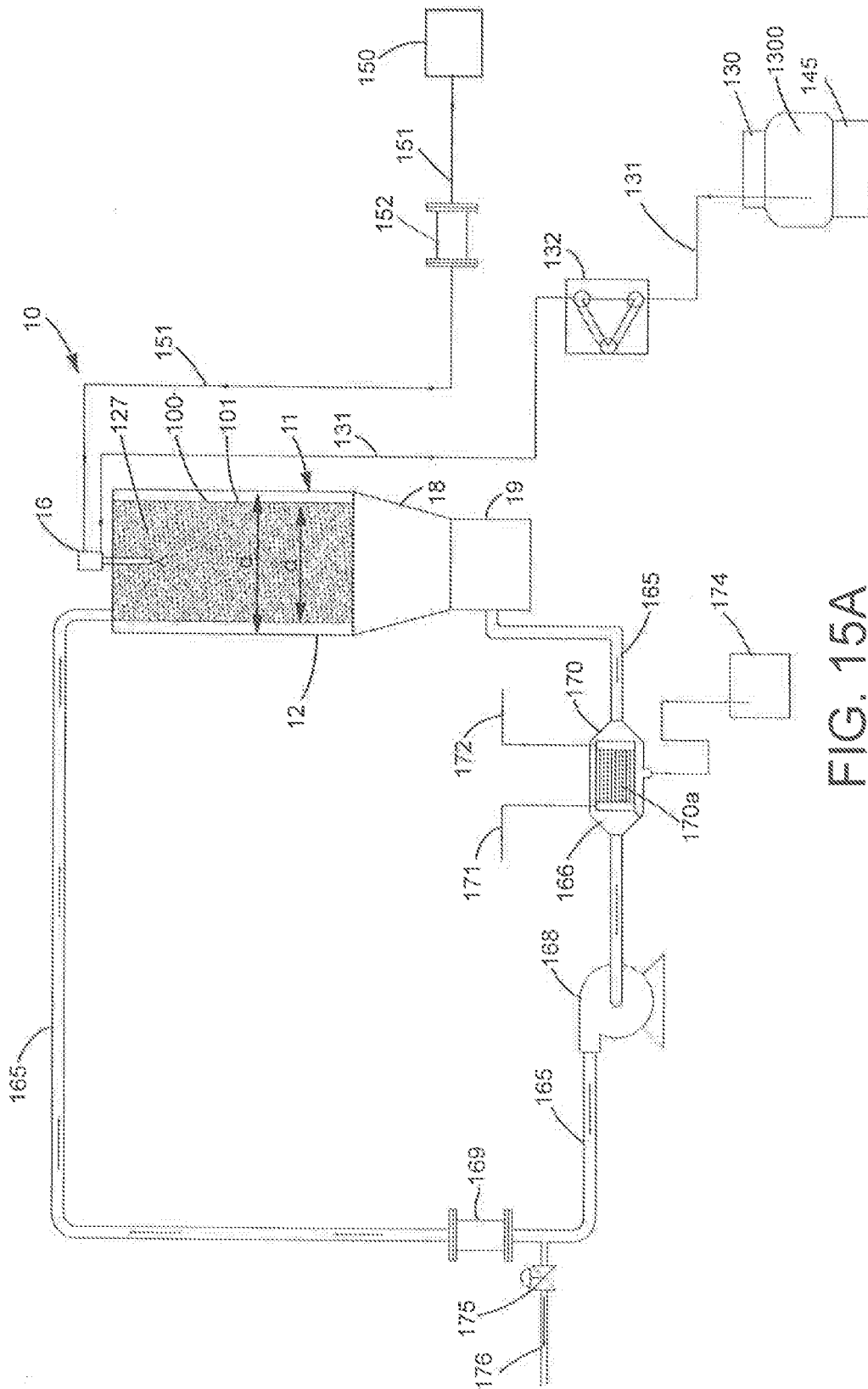


FIG. 15A

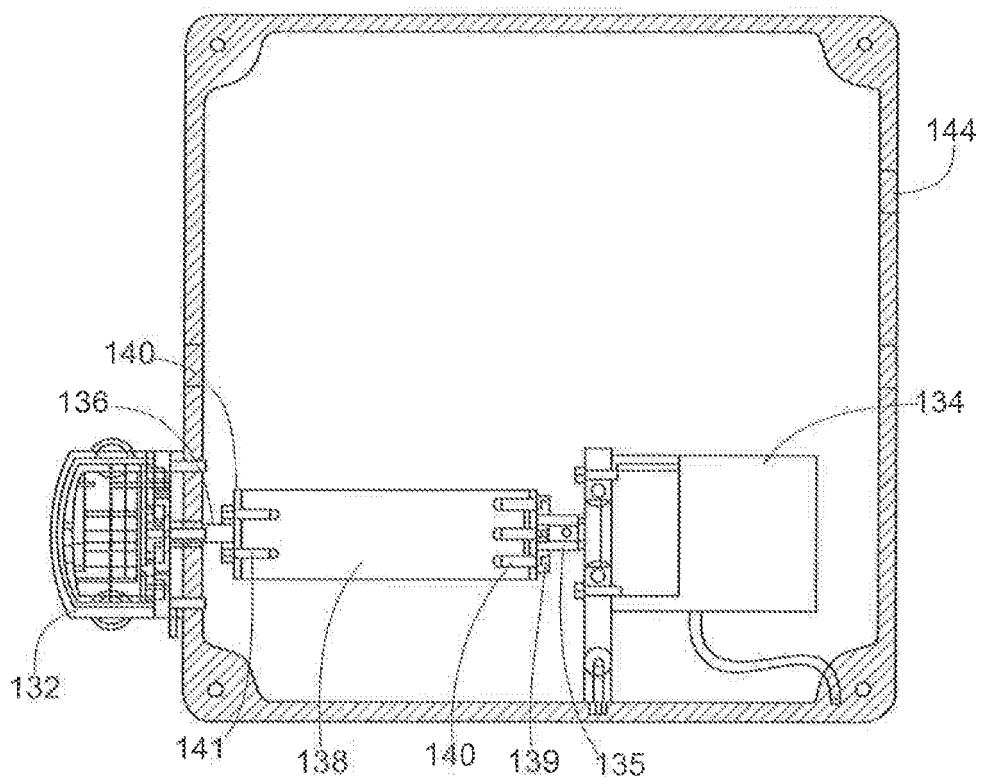


FIG. 16

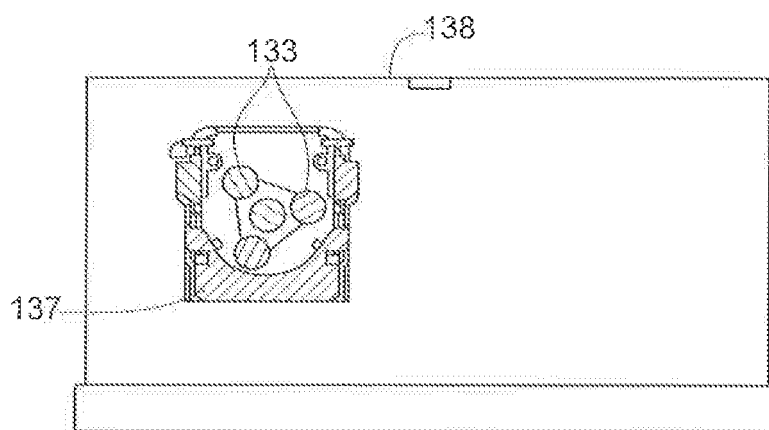


FIG. 16A

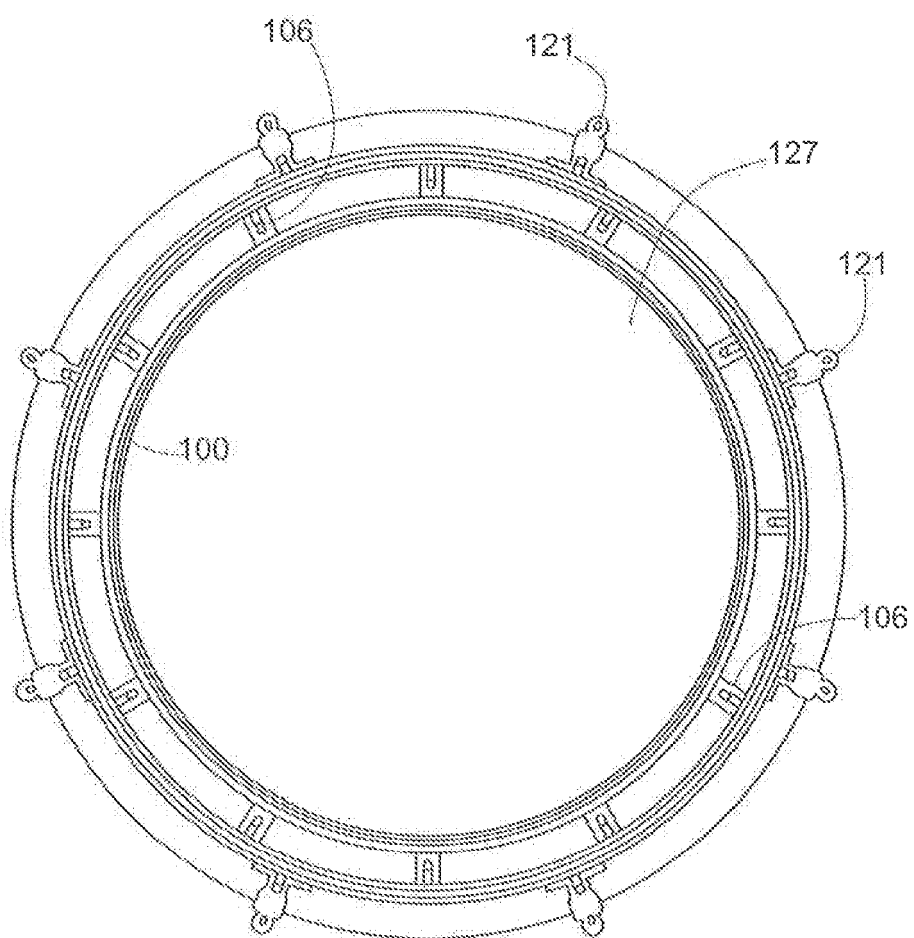


FIG. 17

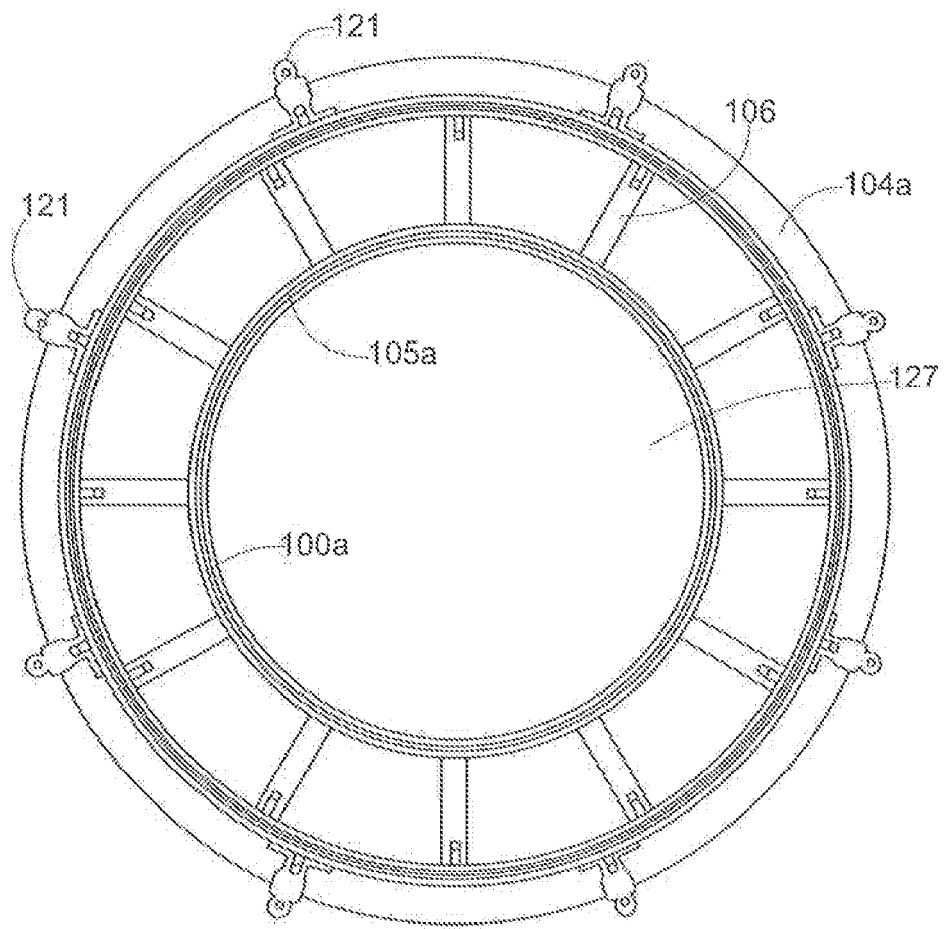


FIG. 18

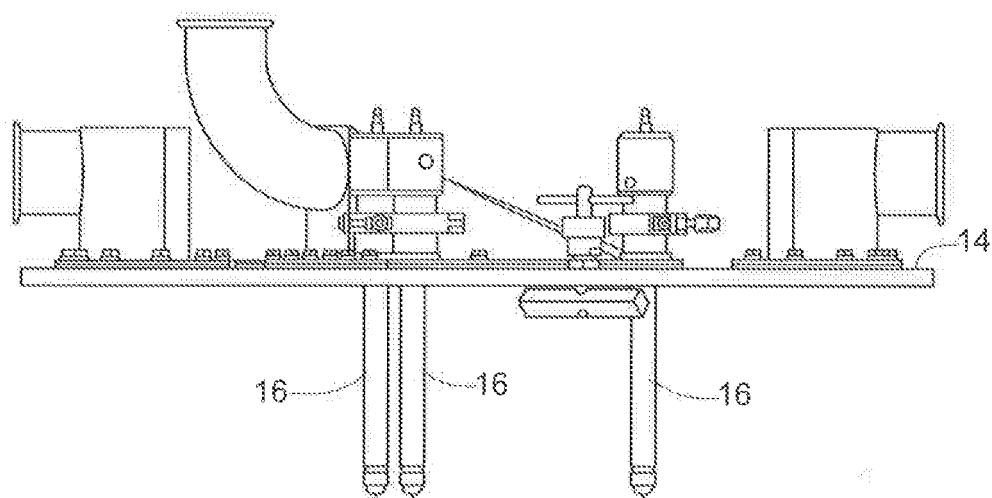


FIG. 19

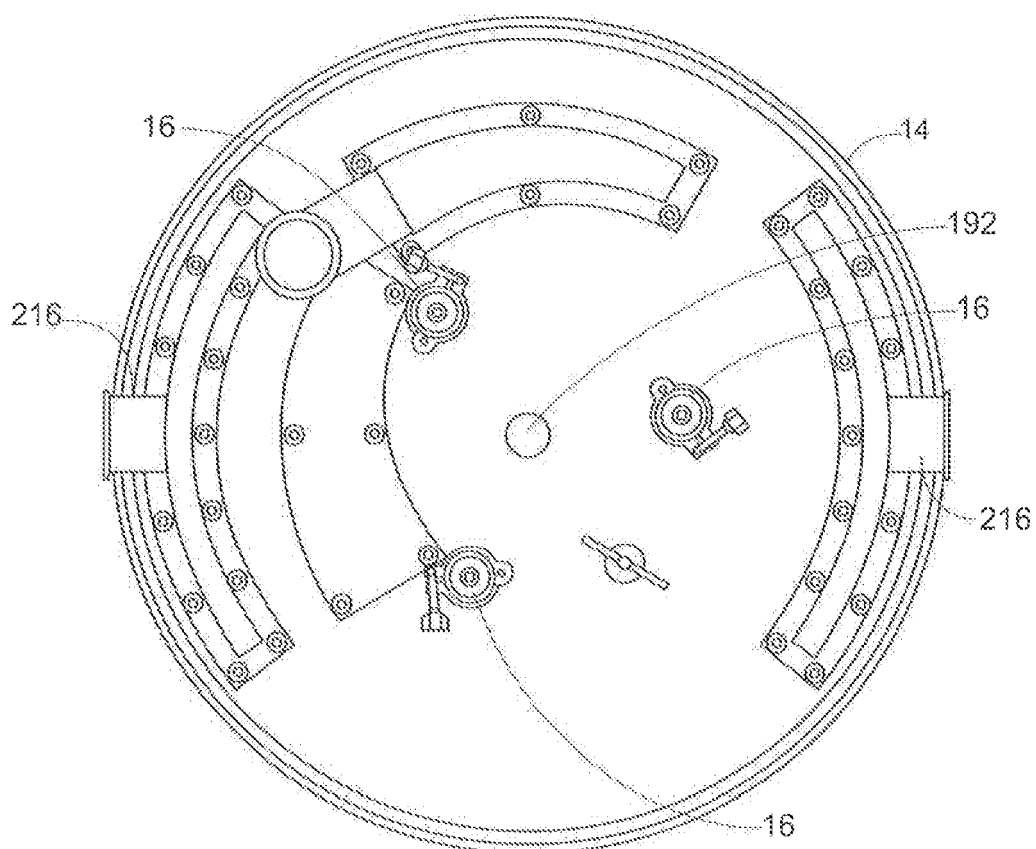


FIG. 20

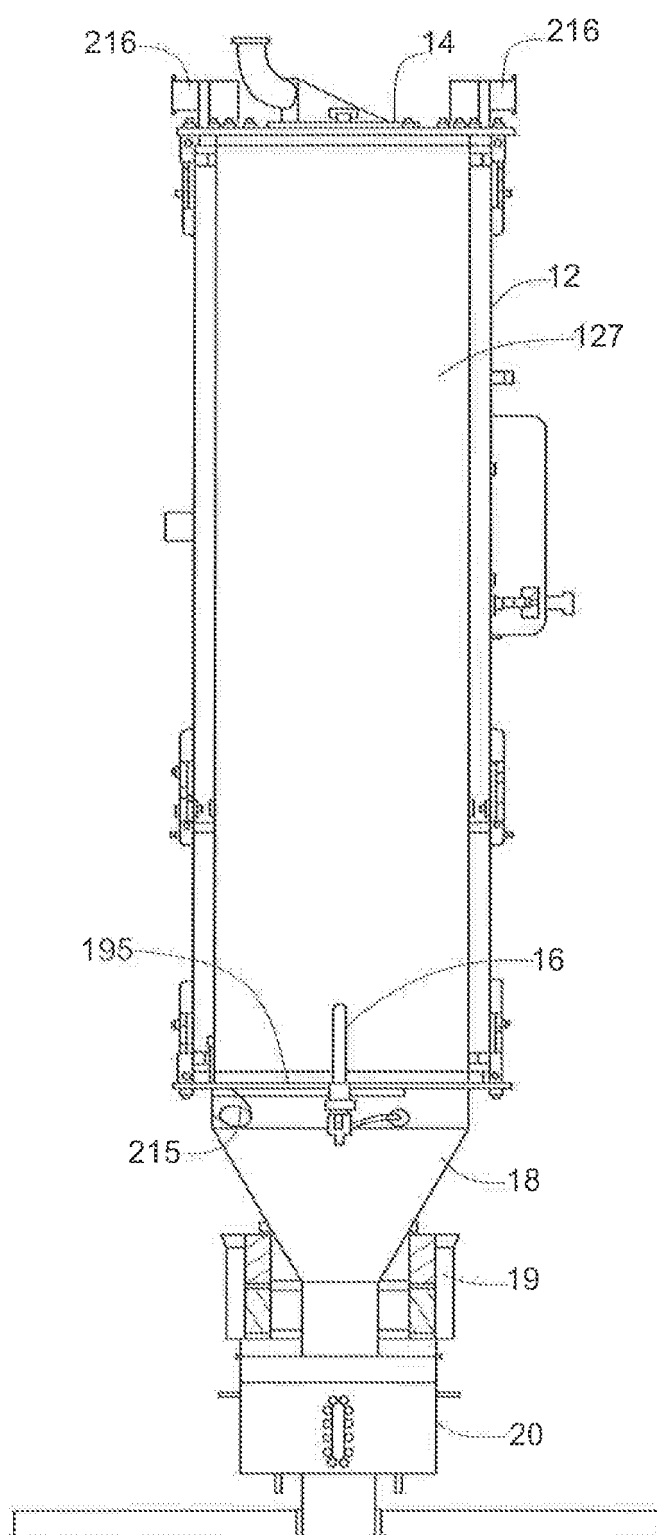


FIG. 21

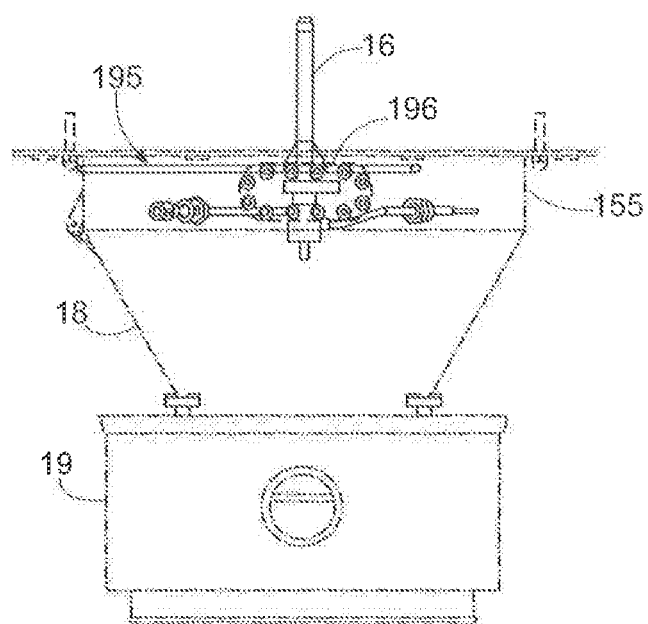


FIG. 22

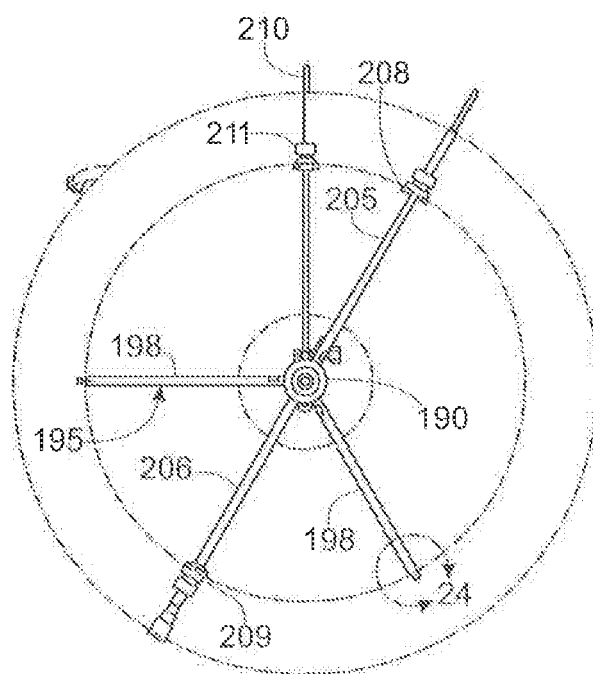


FIG. 23

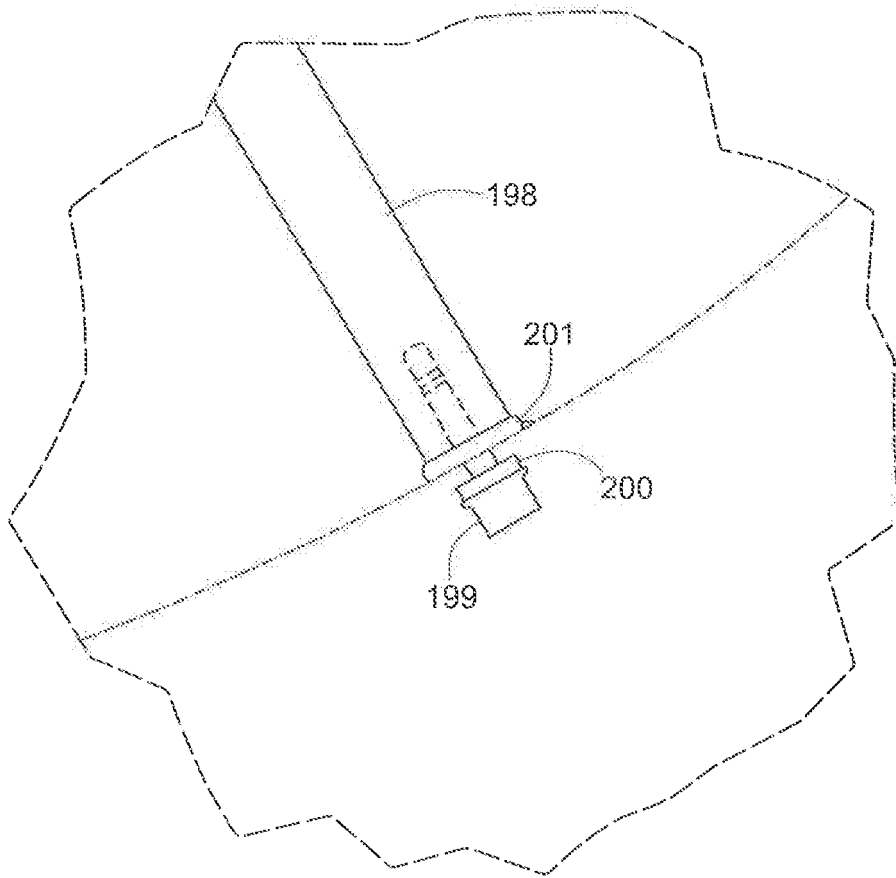
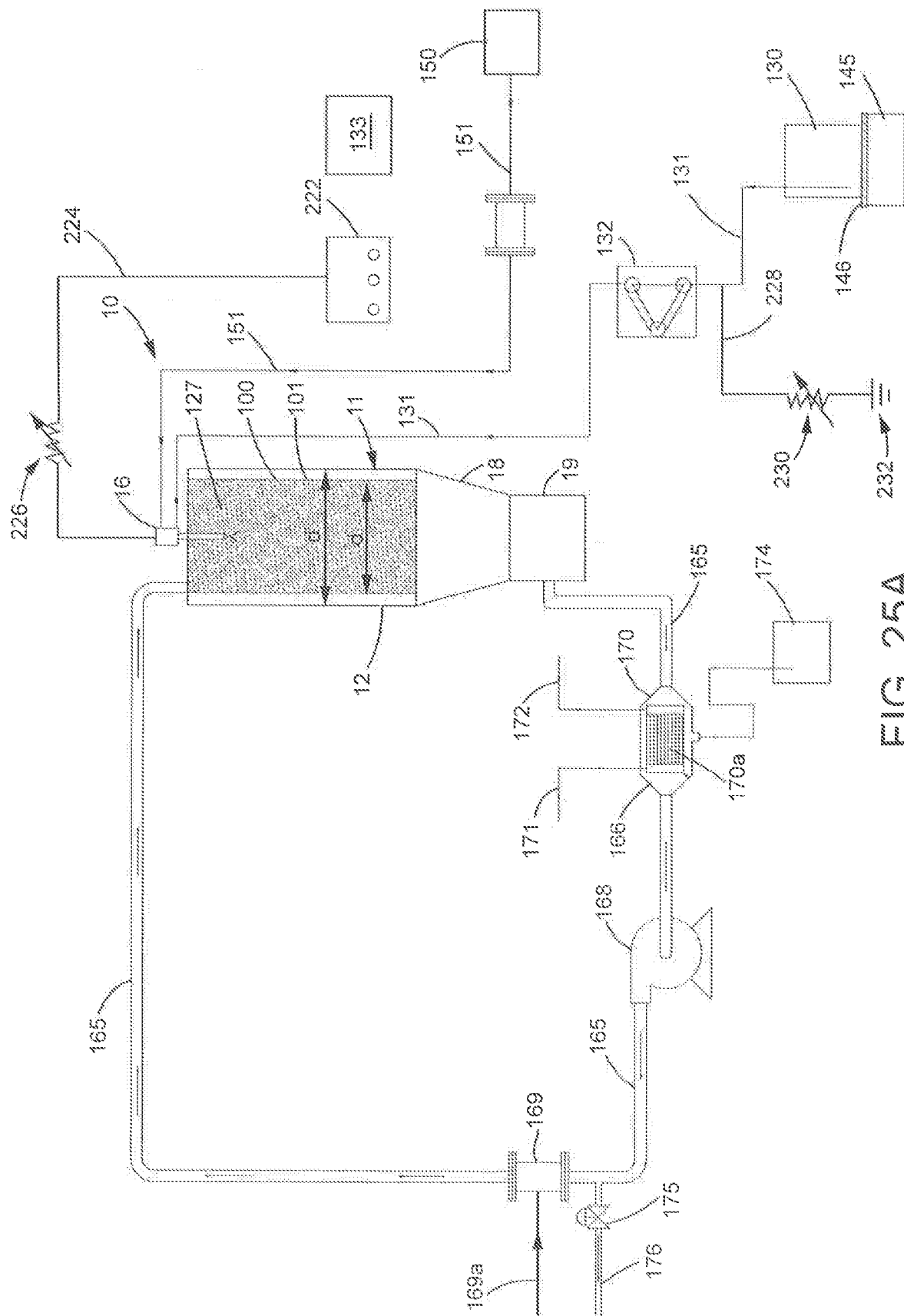


FIG. 24

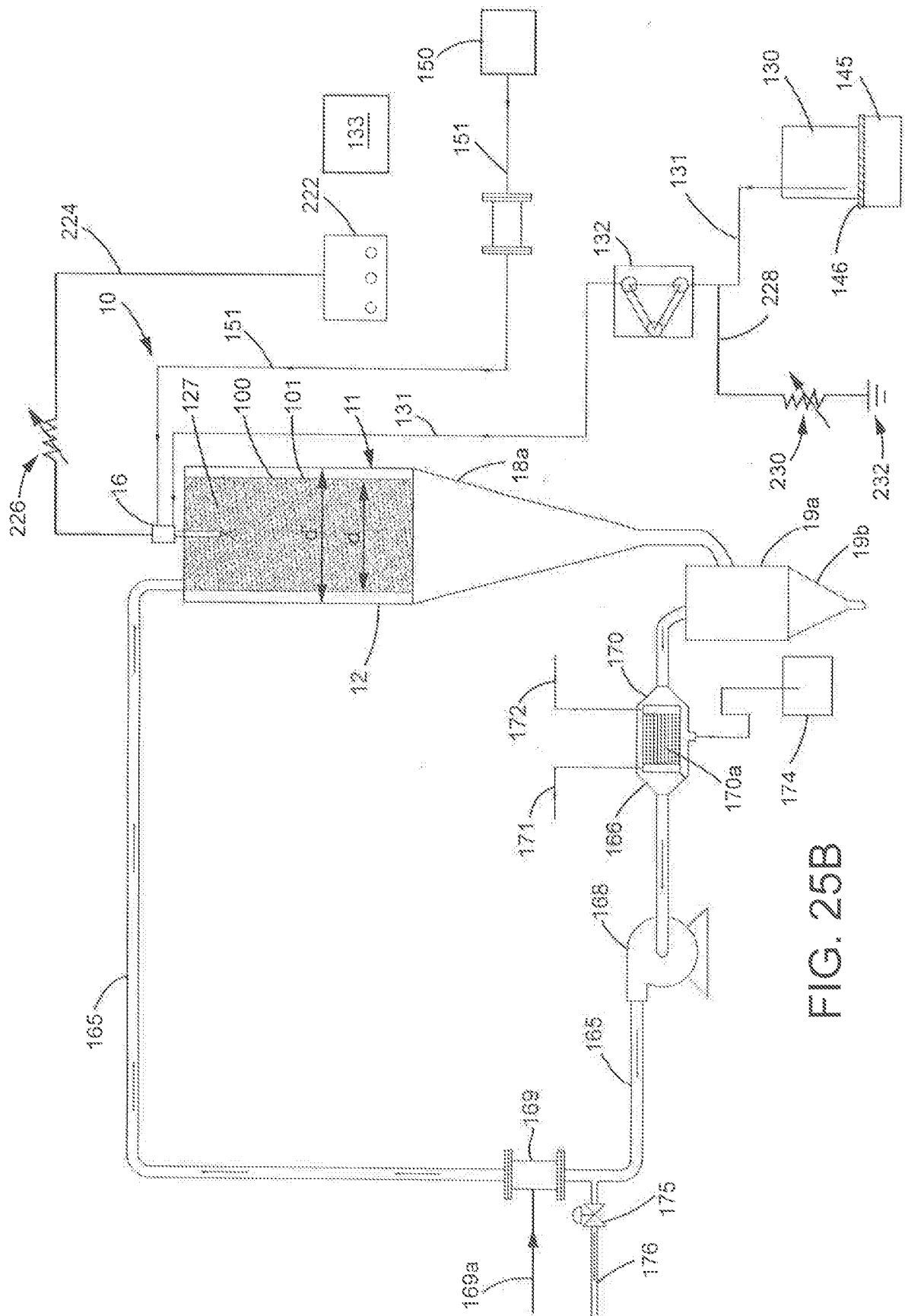
220

TABLA DE CONFIGURACIONES DE FLUJO DE AIRE DE MÁQUINA						
OPCIONES VARIABLES	CONFIGURACIÓN A	CONFIGURACIÓN B	CONFIGURACIÓN C	CONFIGURACIÓN D	CONFIGURACIÓN E	CONFIGURACIÓN F
LONGITUD DE CÁMARA (VARIADA AÑADIENDO O RETIRANDO ARROLLAMIENTO DE EXTENSIÓN)	LARGA O CORTA	LARGA O CORTA	LARGA O CORTA	LARGA O CORTA	LARGA O CORTA	LARGA O CORTA
MATERIAL DE REVESTIMIENTO (NO PERMEABLE O PERMEABLE)	NO PERMEABLE	NO PERMEABLE	PERMEABLE	PERMEABLE	PERMEABLE	PERMEABLE
ORIENTACIÓN DE BOQUILLA (PULVERIZACIÓN SUPERIOR HACIA ABAJO, PULVERIZACIÓN INFERIOR HACIA ARRIBA)	PULVERIZACIÓN SUPERIOR	PULVERIZACIÓN INFERIOR	PULVERIZACIÓN SUPERIOR	PULVERIZACIÓN SUPERIOR	PULVERIZACIÓN INFERIOR	PULVERIZACIÓN INFERIOR
DIRECCIÓN DE FLUJO DE GAS DE PROCESO (DIRECCIÓN GENERAL A TRAVÉS DE LA CÁMARA: EL USO DE PUERTO VARÍA BASÁNDOSE EN LA CONFIGURACIÓN)	HACIA ABAJO	HACIA ABAJO	HACIA ARRIBA	HACIA ABAJO	HACIA ARRIBA	HACIA ABAJO

FIG. 25



F. G. 25A



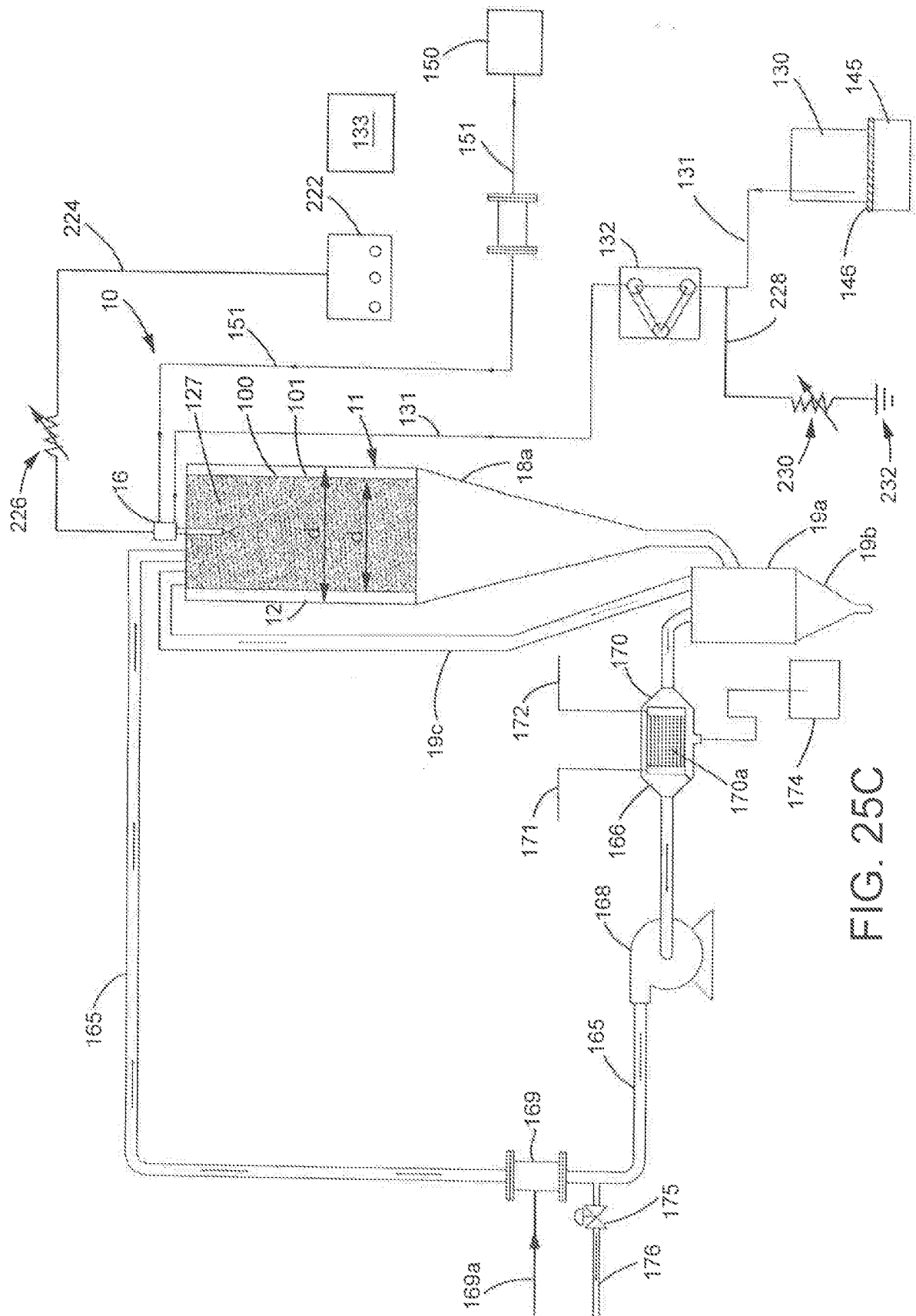


FIG. 25C

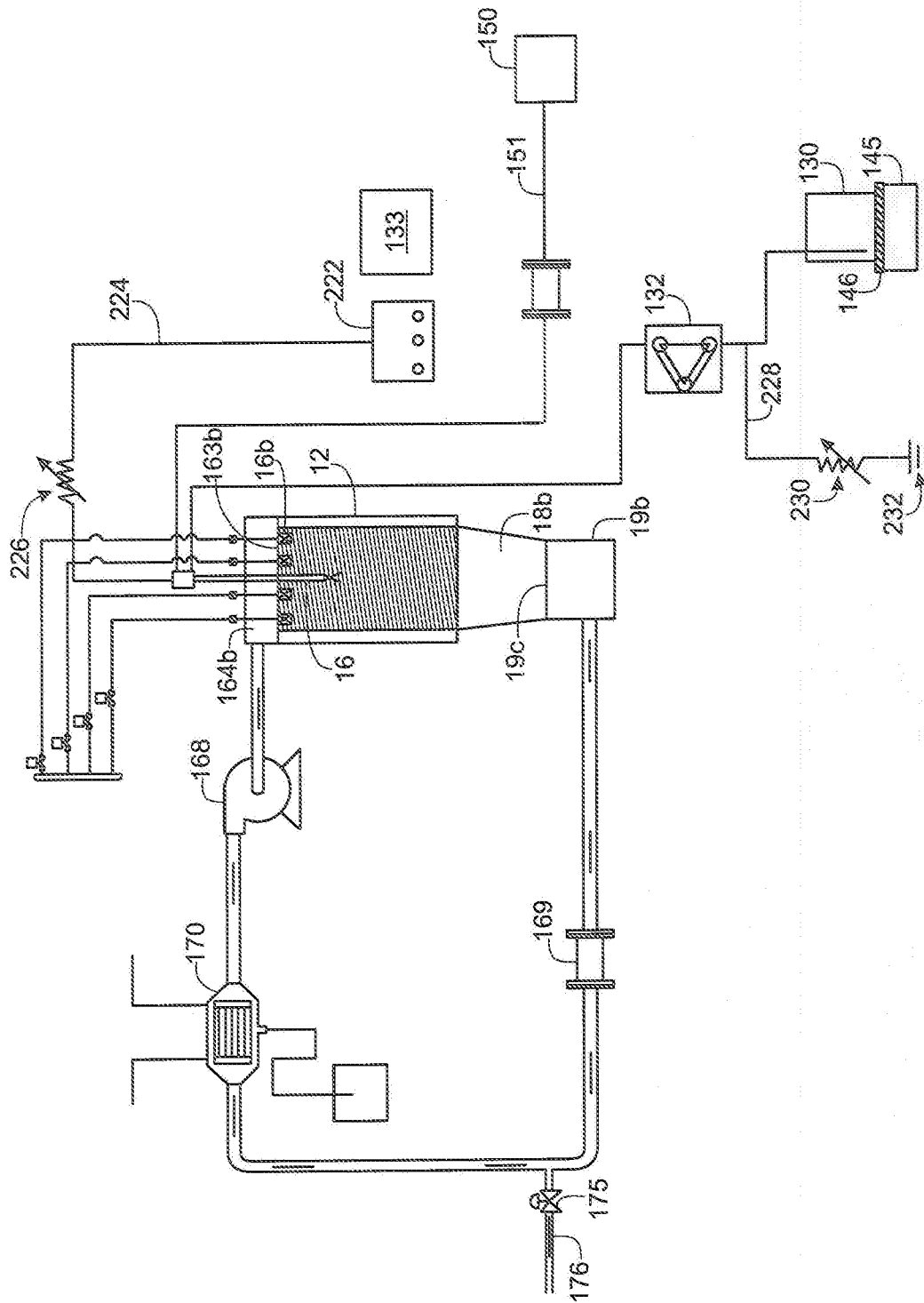


FIG. 25D

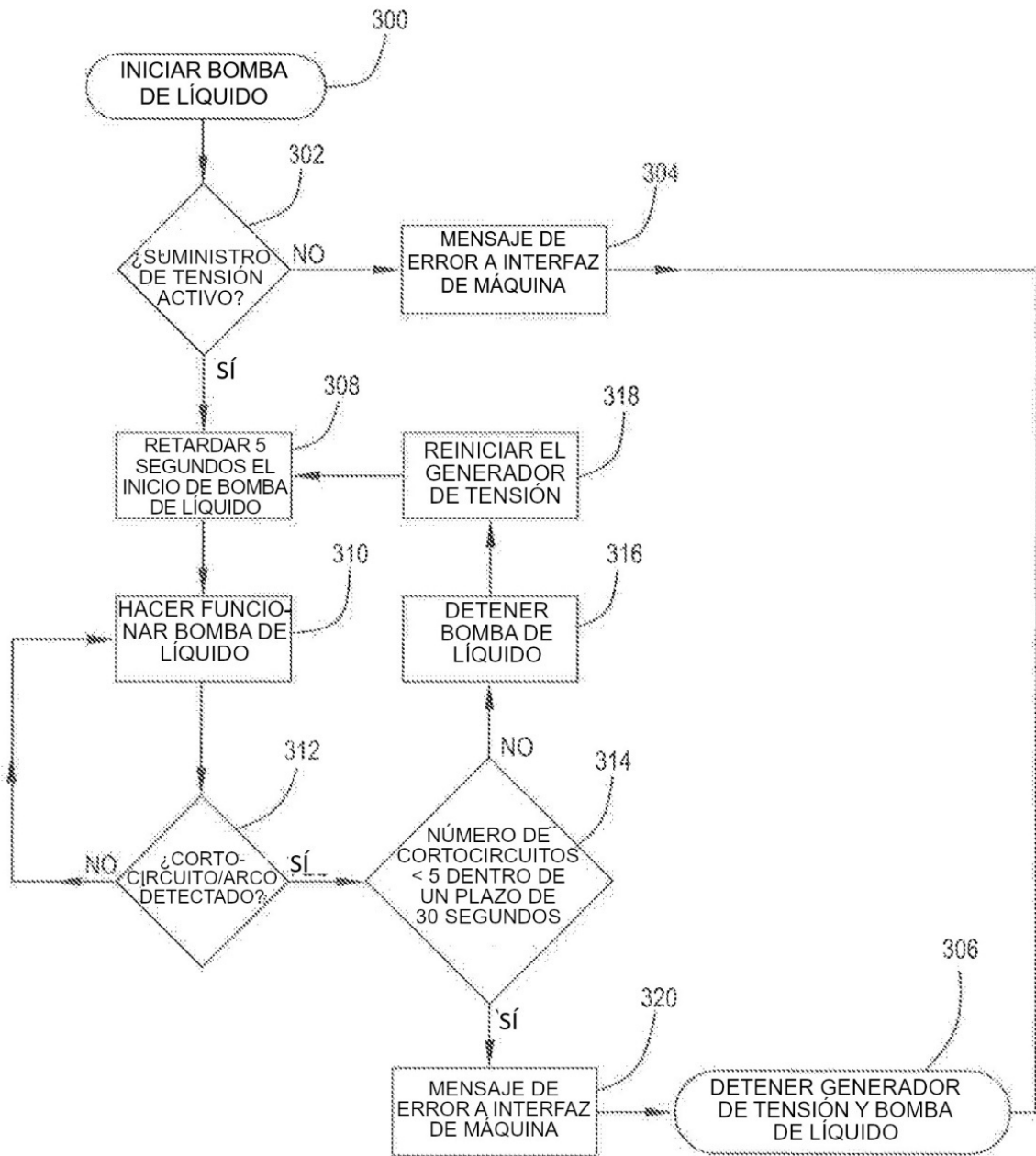


FIG. 26

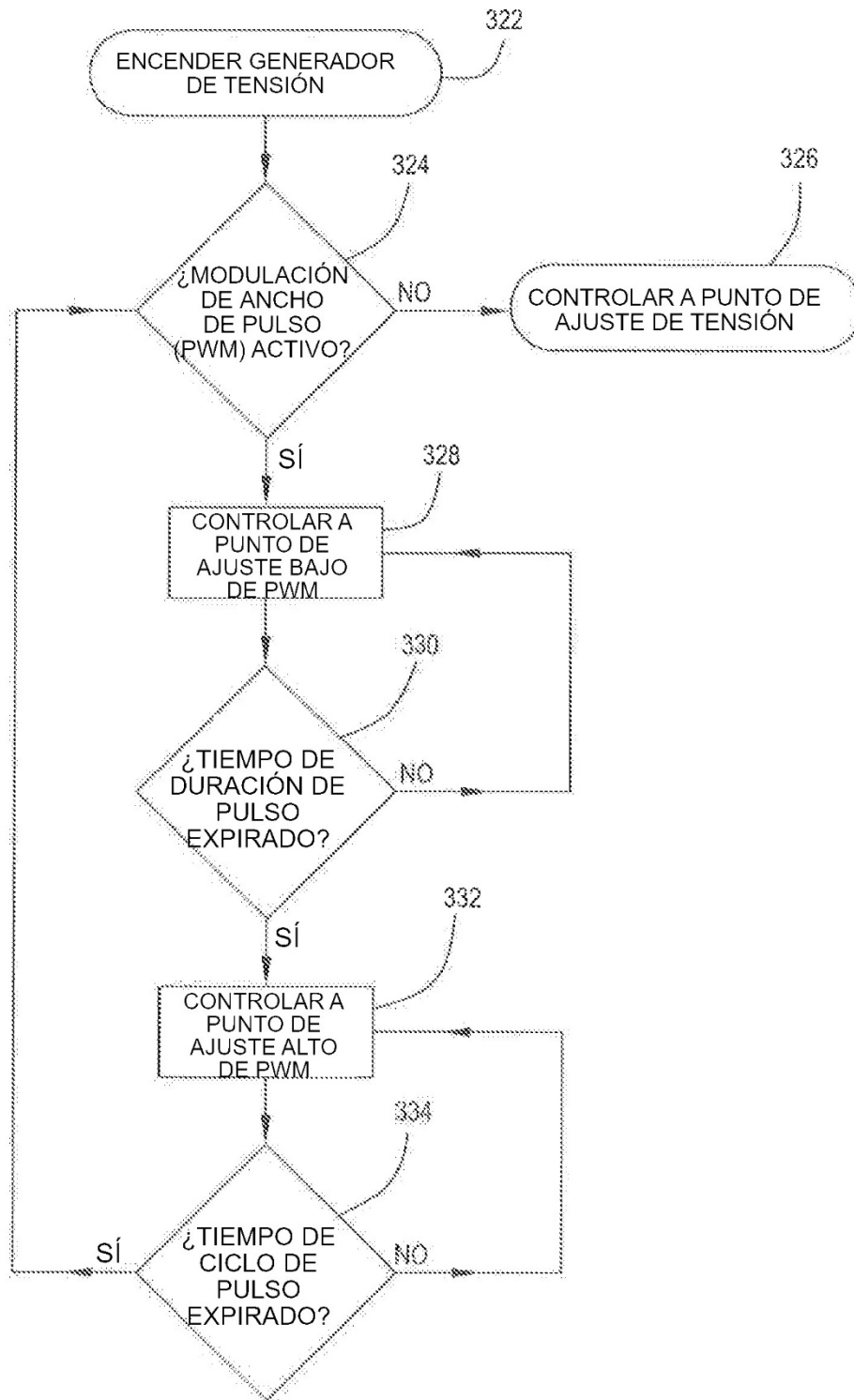


FIG. 27

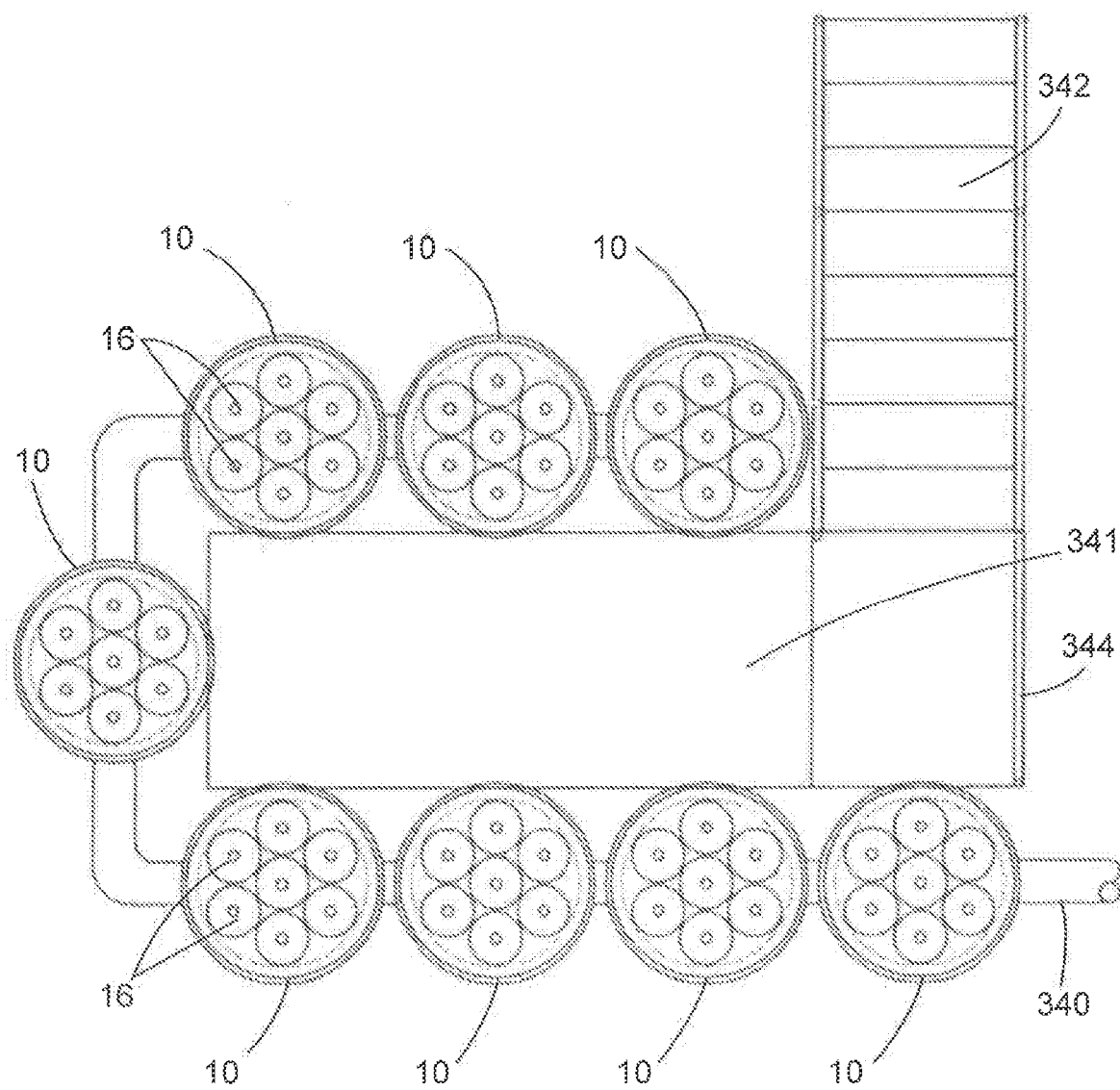


FIG. 28

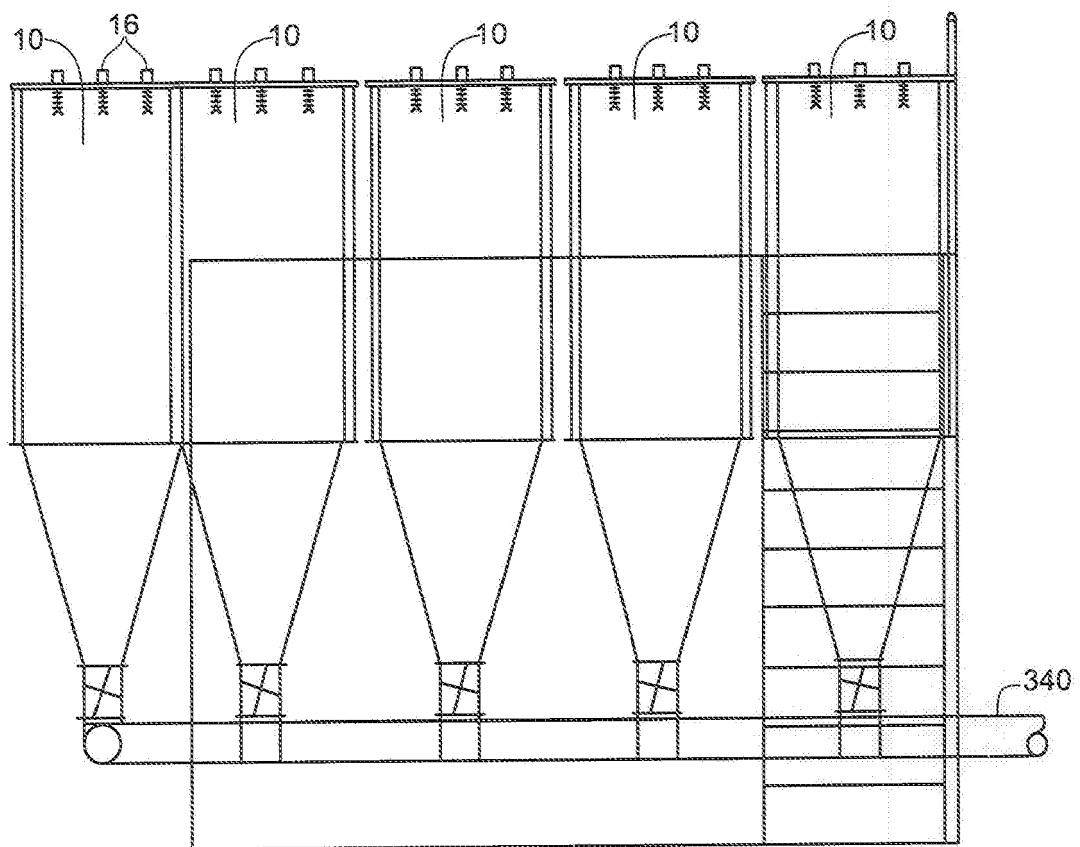


FIG. 29

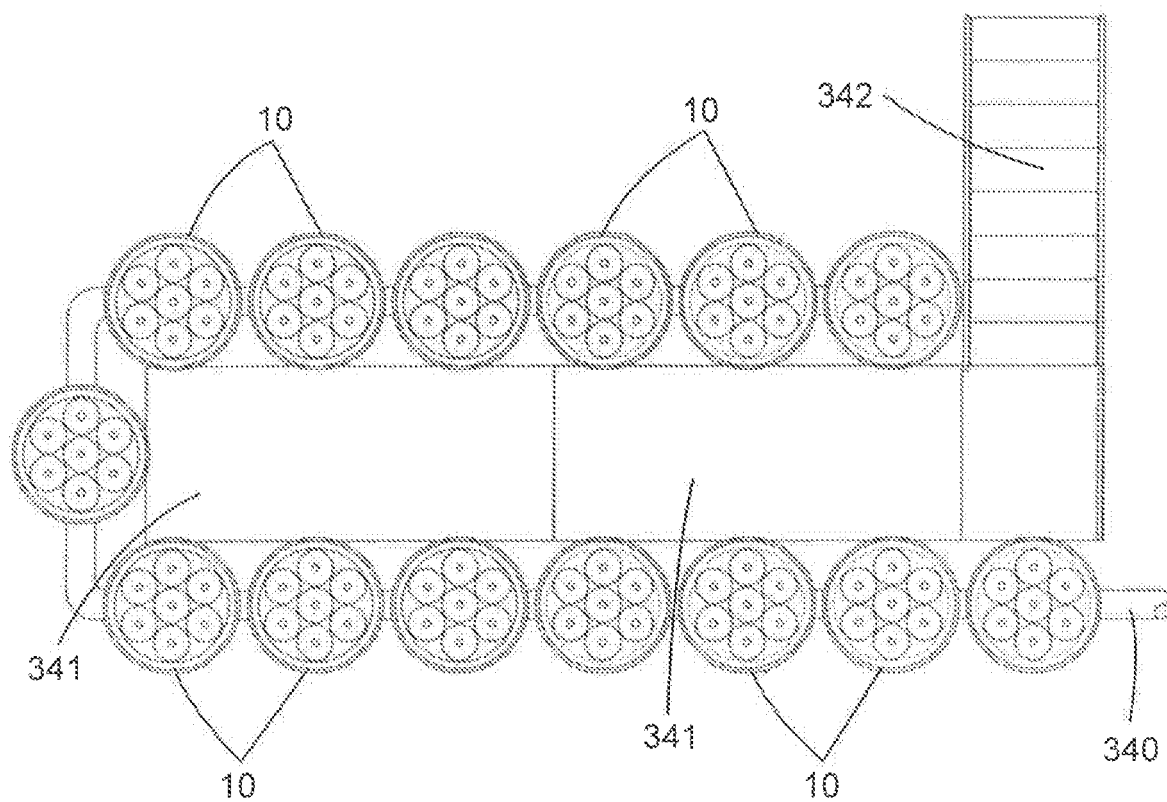


FIG. 30

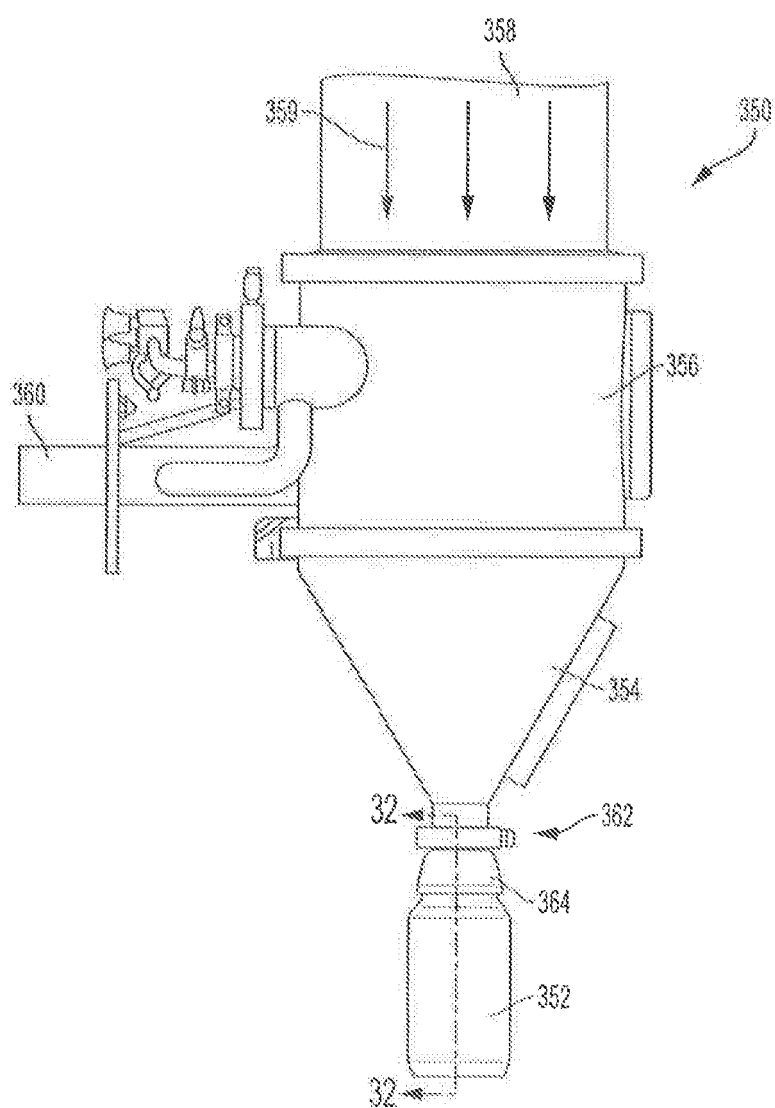


FIG. 31

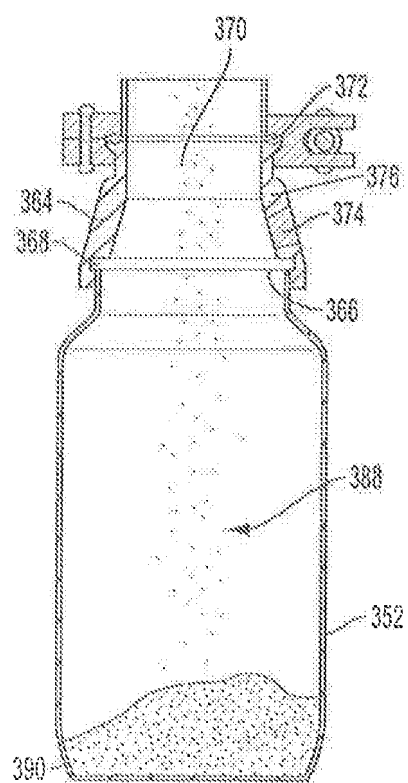


FIG. 32

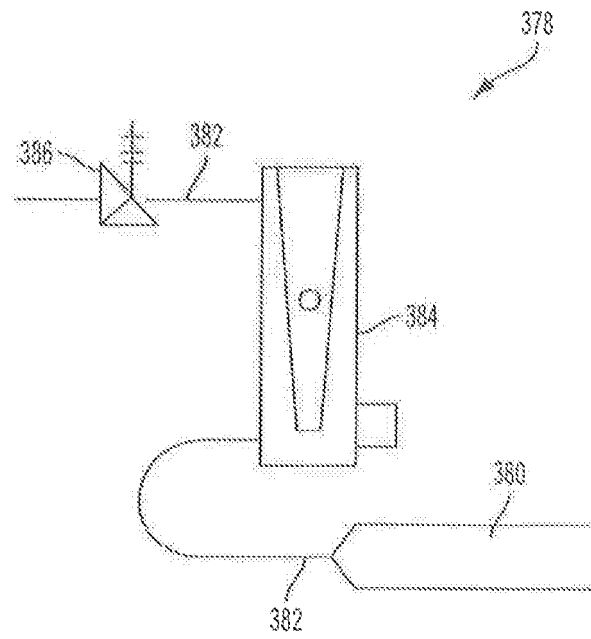


FIG. 33

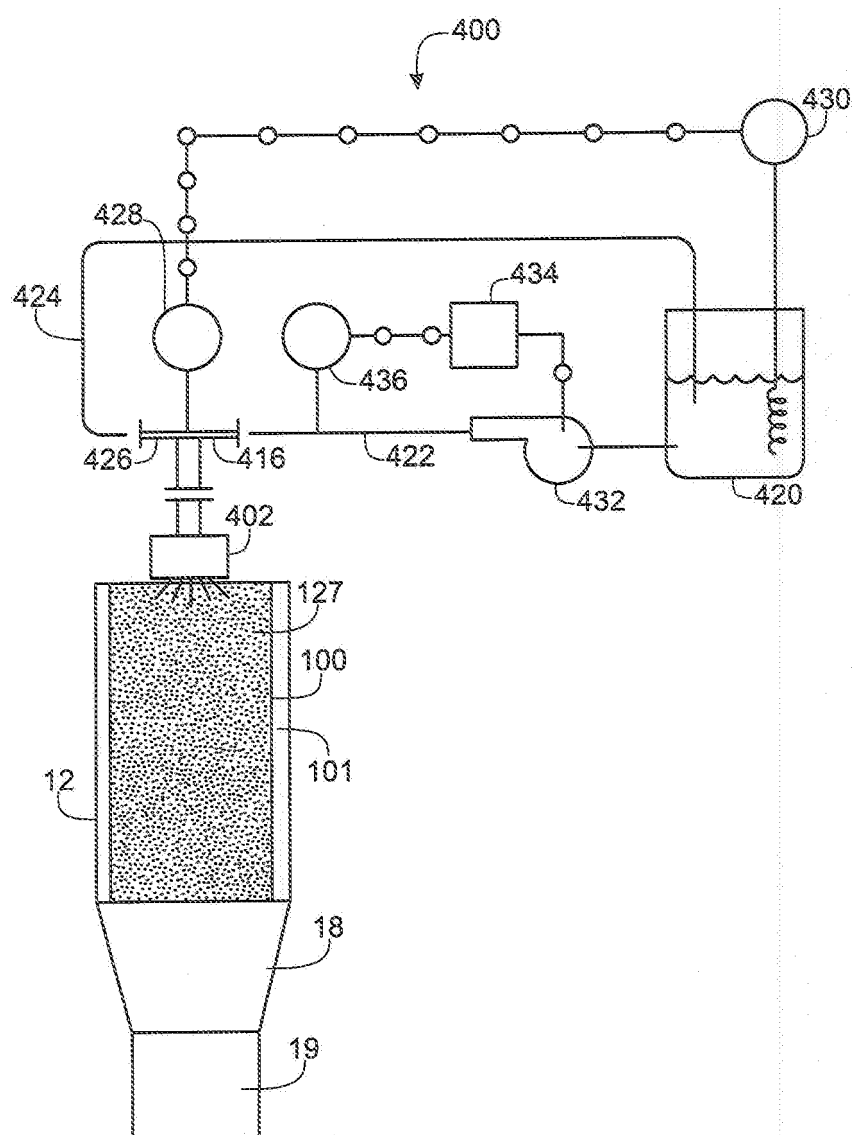


FIG. 34

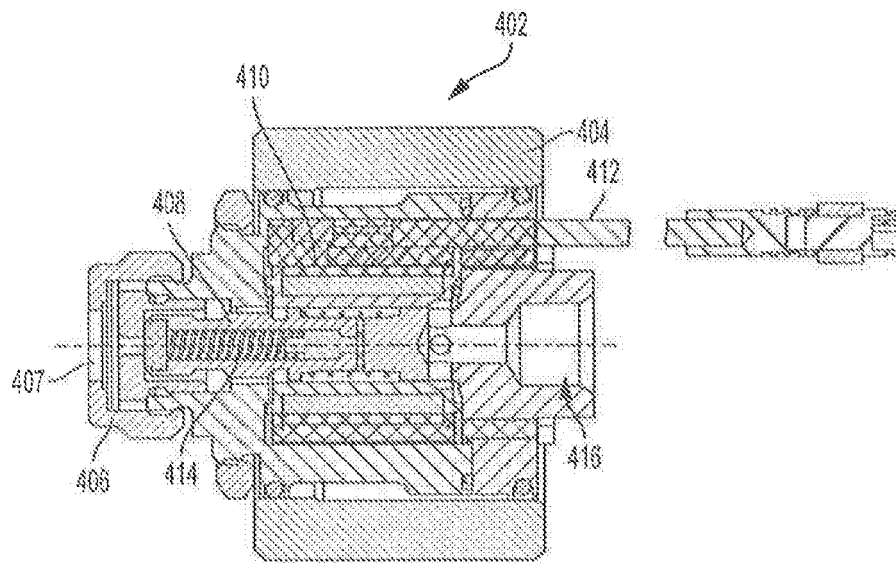


FIG. 35