

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 686 852**

51 Int. Cl.:

**B02C 2/04** (2006.01)

**B02C 2/00** (2006.01)

**B02C 23/10** (2006.01)

**B02C 23/18** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.05.2014 PCT/AU2014/000519**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.11.2014 WO14186821**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.05.2014 E 14800376 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.06.2018 EP 2999540**

54 Título: **Aparato de molienda**

30 Prioridad:

**20.05.2013 AU 2013901788**

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

**22.10.2018**

73 Titular/es:

**JTG AND PARTNERS PTY LTD. (100.0%)  
147 Frome Street  
Adelaide, SA 5000, AU**

72 Inventor/es:

**ROPER, LINDEN DAVID**

74 Agente/Representante:

**FÚSTER OLAGUIBEL, Gustavo Nicolás**

ES 2 686 852 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

Aparato de molienda

5 **Campo**

La presente invención se refiere al campo del procesamiento de materiales y, en particular, a un aparato de molienda para la pulverización de materiales sólidos.

10 **Antecedentes**

En la industria del procesamiento de minerales, la pulverización es el proceso mediante el cual los materiales sólidos se reducen de tamaño, típicamente mediante trituración y luego posteriores procesos de molienda, particularmente para liberar minerales valiosos del material minado en el cual estén incorporados. Los procesos de pulverización también se emplean en diversas otras industrias, que incluyen la industria del cemento, los fertilizantes, el combustible sólido, los artículos textiles y los productos farmacéuticos.

Las operaciones de molienda comúnmente se llevan a cabo en molinos de tambor, que alcanzan una reducción de tamaño de las partículas del material de alimentación mediante impacto y abrasión. Las formas conocidas de molinos de tambor incluyen:

molinos de bolas, en los cuales el material de alimentación se muele por fricción e impacto con medios de molienda en forma de bolas que giran en una cámara cilíndrica rotatoria;

25 molinos autógenos, en los cuales las partículas más grandes del material de alimentación en sí mismo reemplazan las bolas de un molino de bolas como los medios de molienda, y

molinos semiautógenos, que usan partículas más grandes del material de alimentación, ayudados por bolas, como medios de molienda.

30 Los molinos de tambor autógenos y semiautógenos típicamente reducen las partículas del material de alimentación de hasta teóricamente 200 mm a un tamaño de producto de aproximadamente 75  $\mu\text{m}$ , mientras que los molinos de bolas típicamente reducen las partículas de material de alimentación de hasta teóricamente 15 mm a un tamaño de producto de aproximadamente 20  $\mu\text{m}$ . Generalmente se admite que estos molinos de tambor convencionales llevan a cabo procesos ineficientes en términos de energía. Se ha estimado que la eficiencia en términos de energía para estos procesos abarca desde aproximadamente 0,1 % hasta 2 %, sobre la base de la generación de un área de superficie nueva. El funcionamiento de los molinos de tambor requiere una cantidad sustancial de energía para hacer rotar las cámaras cilíndricas grandes llenas con los medios de molienda, las partículas del material de alimentación y la suspensión (creadas con la adición del fluido de proceso a la cámara). La mayor parte de la energía de entrada se disipa en forma de calor y ruido.

45 Otra forma de molienda adoptada de manera más reciente tiene lugar mediante rodillos de molienda de alta presión, que comprimen un lecho de partículas de material de alimentación entre rodillos en contrarrotación. Se ha comprobado que los rodillos de molienda de alta presión son más eficientes en términos de energía para reducir los tamaños de las partículas del material de alimentación de hasta teóricamente 70 mm a un tamaño de producto de aproximadamente 4 mm. De acuerdo con lo informado, los rodillos de molienda de alta presión son entre 10 % y 50 % más eficientes en términos de energía que los molinos de tambor, con menos sensibilidad a los cambios en la dureza del material de alimentación. No obstante, los rodillos de molienda de alta presión se limitan a la molienda en seco, con un contenido máximo de humedad de aproximadamente 10 %. Esta limitación está causada por la fricción deslizante sobre los rodillos, mientras que retiran el material de alimentación en la zona de compresión formada en el lecho de material. La presión de compresión específica usada entre los rodillos se encuentra típicamente dentro del rango de 3 a 5 MPa. El microcraqueo de las partículas de alimentación beneficia en mayor medida la pulverización aguas abajo, lo que implica un mayor beneficio de los rodillos de molienda de alta presión.

55 La patente estadounidense n. ° 4.964.580 da a conocer una máquina de trituración que incluye un primer elemento rotatorio que puede rotar alrededor de un primer eje y un segundo elemento rotatorio que puede rotar alrededor de un segundo eje paralelo o inclinado con respecto al primer eje. Los primer y segundo elementos rotatorios definen juntos una cámara de trituración. El primer elemento rotatorio se monta en una carcasa y el segundo elemento rotatorio se monta en un cuerpo, fijándose la carcasa al cuerpo. Unos medios de accionamiento hacen rotar el primer o segundo elemento rotatorio. Los primer y segundo ejes están desplazados. El desplazamiento puede variarse cambiando la posición en la que se fija la carcasa al cuerpo.

**Objetivo de la invención**

65 Es un objetivo de la presente invención proporcionar un aparato de molienda mejorado para complementar, o reemplazar, o al menos proporcionar una alternativa útil a las formas de aparatos de molienda de la técnica anterior.

**Sumario de la invención**

La presente invención proporciona un aparato de molienda que comprende:

- 5 un receptáculo que tiene una pared interna de receptáculo que define una cavidad de receptáculo, siendo dicha pared interna de receptáculo generalmente en forma de una superficie de revolución que se extiende alrededor de un eje de receptáculo central que se extiende verticalmente, pudiendo dicho receptáculo rotar alrededor de dicho eje de receptáculo;
- 10 un elemento de molienda que tiene una pared externa de elemento de molienda generalmente en forma de una superficie de revolución que se extiende alrededor de un eje de elemento de molienda central que se extiende verticalmente, siendo dicho eje de elemento de molienda generalmente paralelo a dicho eje de receptáculo, y estando desplazado en relación con dicho eje de receptáculo por una distancia de desplazamiento, definiendo dicha pared interna de receptáculo y dicha pared externa de elemento de molienda juntas una cámara de molienda dentro de dicha cavidad de receptáculo, teniendo dicha cámara de molienda una sección transversal generalmente anular;
- 15 unos medios de accionamiento adaptados para accionar de manera rotatoria dicho elemento de molienda alrededor de dicho eje de elemento de molienda y/o para accionar de manera rotatoria dicho receptáculo alrededor de dicho eje de receptáculo;
- 20 en el que dicha distancia de desplazamiento puede ajustarse de manera selectiva;
- 25 caracterizado porque dicho elemento de molienda comprende un cabezal de elemento de molienda que define dicha pared externa de elemento de molienda y un árbol de elemento de molienda montado de manera rotatoria dentro de una disposición excéntrica configurada para desplazar de manera selectiva dicho eje de elemento de molienda para ajustar dicha distancia de desplazamiento;
- 30 y porque un paso de alimentación de fluido (167) se extiende a través de dicho elemento de molienda (120) y se comunica con dicha cámara de molienda (116).
- En una forma, dichos medios de accionamiento están adaptados para accionar de manera rotatoria solamente dicho elemento de molienda.
- 35 En una forma alternativa, dichos medios de accionamiento están adaptados para accionar de manera rotatoria dicho elemento de molienda y dicho receptáculo.
- En una forma preferida, dicha cámara de molienda tiene una entrada de alimentación en un extremo superior de dicho receptáculo.
- 40 En una forma preferida, dicha pared interna de receptáculo se ahúsa hacia dicha entrada de alimentación, y dicha pared externa de elemento de molienda se ahúsa hacia dicha entrada de alimentación.
- 45 En una forma particular, a lo largo de cualquier plano radial, la anchura de dicha cámara de molienda, definida como la distancia mínima entre dicha pared externa de elemento de molienda en un punto determinado en el plano radial y dicha pared interna de receptáculo, se ahúsa hacia un extremo inferior de dicha cámara de molienda.
- Preferentemente, un espacio anular está definido entre dicho receptáculo y dicho elemento de molienda en una extremidad radialmente exterior de dicha cámara de molienda, definiendo dicho espacio anular una salida de descarga que se extiende de manera circunferencial.
- 50 En una forma preferida, dicho espacio anular puede ajustarse de manera selectiva.
- En una forma preferida, dicho espacio anular puede ajustarse a un estado cerrado.
- 55 En una forma de realización, dicho receptáculo está montado dentro de un alojamiento mediante una disposición con rosca de tornillo operable para ajustar dicho espacio anular.
- 60 En una forma preferida, dicho elemento de molienda comprende además un cerramiento anular que define una periferia que se extiende de manera circunferencial de dicho elemento de molienda, estando dicho espacio anular definido entre un borde superior de dicho cerramiento anular y una cara inferior de dicho receptáculo.
- 65 En una forma de realización preferida, un paso de desbordamiento se extiende a través de dicho elemento de molienda entre una porción superior de dicha cámara de molienda y una parte exterior de dicha cámara de molienda.

En una forma preferida, dicho aparato de molienda comprende además un tamiz ubicado debajo de dicha cámara de molienda para recibir el material descargado de dicha cámara de molienda y configurado para permitir que el material que tenga un tamaño inferior al predeterminado atraviese dicho tamiz.

5 En una forma preferida, dicho tamiz se extiende de manera circunferencial alrededor de dicho elemento de molienda.

En una forma preferida, dicho tamiz está fijado de manera rotatoria con relación a dicho receptáculo.

10 En una forma preferida, dicho aparato de molienda comprende además un conducto de productos sobredimensionados dispuesto en dicho tamiz para guiar el material que exceda dicho tamaño predeterminado desde una superficie superior de dicho tamiz para productos.

15 En una forma preferida, dicho aparato de molienda comprende además medios de molienda en dicha cámara de molienda.

20 En una forma de realización, dicho aparato de molienda comprende además un sistema de suspensión que brinda desplazamiento vertical relativo entre dicho elemento de molienda y dicho receptáculo en el caso de que el material incompresible en dicha cámara de molienda quede atrapado entre dicha pared interna de receptáculo y dicha pared externa de elemento de molienda.

En una forma, dicho sistema de suspensión comprende una pluralidad de arietes de elevación hidráulicos.

25 En una forma, dichos arietes de elevación hidráulicos están configurados para ajustar de manera selectiva dicho espacio anular que define dicha salida de descarga.

En una forma preferida, dicho receptáculo comprende un cuerpo de receptáculo y un revestimiento de receptáculo reemplazable montado sobre dicho cuerpo de receptáculo y que define dicha pared interna de receptáculo.

30 En una forma preferida, dicho elemento de molienda comprende un cuerpo de elemento de molienda y un revestimiento de elemento de molienda montado en dicho cuerpo de elemento de molienda y que define dicha pared externa de elemento de molienda.

### 35 **Breve descripción de los dibujos**

Las formas de realización preferidas de la presente invención se describirán a continuación, solo a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

40 La Figura 1 es una vista isométrica esquemática de un aparato de molienda de acuerdo con una primera forma de realización;

la Figura 2 es una vista en despiece ordenado del aparato de molienda de la Figura 1;

45 la Figura 3 es una vista en planta de la base y de la disposición excéntrica del aparato de molienda de la Figura 1;

la Figura 4 es una vista isométrica de la base y de la disposición excéntrica de la Figura 3;

50 la Figura 5 es una vista en sección transversal esquemática del aparato de molienda de la Figura 1, con el elemento de molienda desplazado excéntricamente del receptáculo;

la Figura 6 es una vista en sección transversal esquemática del aparato de molienda de la Figura 1, con el elemento de molienda alineado concéntricamente con el receptáculo;

55 la Figura 7 es una primera vista isométrica de un aparato de molienda de acuerdo con una segunda forma de realización;

la Figura 8 es una segunda vista isométrica del aparato de molienda de la Figura 7;

60 la Figura 9 es una vista en alzado frontal del aparato de molienda de la Figura 7;

la Figura 10 es una vista en planta del aparato de molienda de la Figura 7;

la Figura 11 es una vista en sección transversal esquemática del aparato de molienda de la Figura 7; y

65 la Figura 12 es una vista isométrica fragmentaria del aparato de molienda de la Figura 7.

**Descripción de las formas de realización**

- 5 Se ilustra un aparato de molienda 100 de acuerdo con una primera forma de realización en las Figuras 1 a 6 de los dibujos adjuntos. El aparato de molienda 100 ilustrado tiene una forma "piloto" relativamente pequeña, configurado para recibir partículas de proceso de alimentación de hasta 40 mm de tamaño y de una resistencia a la compresión nominal de entre 3 y 8 MPa. El aparato de molienda 100 tiene un diámetro total de aproximadamente 350 mm. El aparato de molienda 100 tiene un receptáculo 110, un elemento de molienda 120, un alojamiento 140, una base 150 y una disposición excéntrica 160.
- 10 Con referencia específica a la Figura 5, el receptáculo 110 tiene una pared interna de receptáculo 111 que define una cavidad de receptáculo 112. La cavidad de receptáculo 112 tiene una abertura superior de receptáculo que forma una entrada de alimentación 113 definida en la cara superior del receptáculo, y una abertura inferior de receptáculo 114 definida en la cara inferior del receptáculo 110. Un conducto de alimentación 136 está montado encima del receptáculo 110, que se extiende de manera ascendente desde la entrada de alimentación 113. En la configuración ilustrada, el conducto de alimentación 136 tiene forma frustocónica a fin de restringir las partículas de alimentación (y el fluido de proceso, cuando se utiliza) que pueden dirigirse hacia arriba y hacia fuera por la fuerza centrífuga durante la operación. La pared interna de receptáculo 111 se encuentra en forma de una superficie de revolución que se extiende alrededor de un eje de receptáculo central que se extiende verticalmente A. En la primera forma de realización, la pared interna de receptáculo 111 se ahúsa hacia arriba en dirección a la entrada de alimentación 113 y aquí tiene forma generalmente frustocónica. El receptáculo 110 está dispuesto de tal manera que puede rotar alrededor del eje de receptáculo A. El eje de receptáculo A es fijo. El receptáculo 110 está montado en el alojamiento 140; aquí, al empalmar roscas de tornillo que se forman sobre la pared externa de receptáculo 115 y la pared interna de alojamiento 141. Un anillo de seguridad roscado externamente 142 engancha la rosca de tornillo de la pared interna de alojamiento 141, sobre el receptáculo 110, para trabar el receptáculo 110 en su lugar dentro del alojamiento 140. También se forman ranuras para chavetas que se extienden verticalmente sobre la pared externa de receptáculo 115 y la pared interna de alojamiento 141, con chavetas 169 ubicadas en las ranuras para chavetas alineadas para trabar en mayor medida el receptáculo 110 contra la rotación respecto del alojamiento 140. También es posible utilizar otras formas de dispositivos de trabado de manera alternativa, según se desee.
- 20 El receptáculo 110 puede retirarse del alojamiento 120 para su reemplazo o reacondicionamiento, particularmente después del desgaste de la pared interna de receptáculo 111. Es posible utilizar un receptáculo 110 de repuesto 110 para reemplazar el receptáculo 110 gastado mientras éste se somete a reacondicionamiento. El receptáculo 110 puede comprender un cuerpo de receptáculo y un revestimiento de receptáculo reemplazable montado sobre el cuerpo de receptáculo y que define la pared interna de receptáculo 111. En las disposiciones en las que el receptáculo 110 es una forma unitaria, éste puede estar formado, por ejemplo, de un acero al carbono con dureza Brinell de 350 de superficies de apoyo. En las disposiciones en las que el receptáculo comprende un cuerpo de receptáculo y un revestimiento de receptáculo independientes, el cuerpo de receptáculo puede estar formado, por ejemplo, de acero fundido con alto grado de finura. El revestimiento de receptáculo puede estar formado por cualquier material de revestimiento adecuado con alta resistencia al desgaste. Los materiales adecuados incluyen acero al manganeso fundido con alto contenido de carbono (13-14 %), cromo-molibdeno, Decolloy (aleación cromo-níquel) u otras aleaciones.
- 30 El elemento de molienda 120 tiene una pared externa de elemento de molienda 121 que también se encuentra generalmente en forma de una superficie de revolución. La pared externa de elemento de molienda 121 se extiende alrededor de un eje de elemento de molienda central que se extiende verticalmente B. En la primera forma de realización, la pared externa de elemento de molienda se ahúsa hacia arriba en dirección a la parte superior del elemento de molienda 120 (y, por ende, hacia la entrada de alimentación 113) y, aquí, tiene forma frustocónica general. El eje de elemento de molienda B es generalmente paralelo al eje de receptáculo A y está desplazado del eje de receptáculo A por una distancia de desplazamiento D. La textura de superficie de la pared externa de elemento de molienda 121, ya sea que esté definida por un revestimiento de elemento de molienda independiente o que esté formada de manera solidaria con el elemento de molienda, puede tener una textura de acuerdo con lo especificado por el operador y tal como lo dictan los requisitos y la experiencia de funcionamiento. Se contempla que la región superior de la pared externa de elemento de molienda 121 puede presentar irregularidades de superficie para facilitar la introducción de energía en las partículas de alimentación de mayor tamaño que de lo contrario pueden deslizarse y evitar la entrada en la zona de compresión, tal como se analizará más adelante.
- 45 El elemento de molienda 120 es desmontable del alojamiento 120, después de retirar el receptáculo 110, para su reemplazo o reacondicionamiento, particularmente después del desgaste de la pared externa de elemento de molienda 121. El elemento de molienda 120 puede comprender un cuerpo de elemento de molienda y un revestimiento de elemento de molienda reemplazable montado sobre el cuerpo de elemento de molienda y que define la pared externa de elemento de molienda 121. El elemento de molienda 120, que incluye cualquier revestimiento de elemento de molienda independiente, puede estar formado por materiales iguales o similares al del receptáculo 110 (y revestimiento de receptáculo independiente) que se identificaron anteriormente.
- 60 La pared interna de receptáculo 111 y la pared externa de elemento de molienda 121 definen juntas una cámara de molienda 116 dentro de la cavidad de receptáculo 112. La cámara de molienda 116 tiene una sección transversal
- 65

- 5 generalmente anular, si bien tal como se apreciará, particularmente a partir de la Figura 5, el desplazamiento del elemento de molienda 120 del receptáculo 110 genera una sección transversal anular no uniforme en cualquier plano horizontal determinado. La forma generalmente frustocónica de la pared externa de elemento de molienda 121 tiene un ángulo de ahusamiento mayor que el de la forma frustocónica de la pared interna de receptáculo 111. Por consiguiente, a lo largo de cualquier plano radial, la anchura de la cámara de molienda 116, definida como la distancia mínima entre la pared externa de elemento de molienda 121 en cualquier punto determinado a lo largo del plano radial y la pared interna de receptáculo 111, se ahúsa hacia el extremo inferior de la cámara de molienda 116. Se contempla, no obstante, que la anchura de la cámara de molienda 116 no se ahúse en algunas configuraciones.
- 10 El elemento de molienda 120 tiene un cerramiento anular de proyección ascendente 122 que define una periferia que se extiende de manera circunferencial del elemento de molienda 120. Entre el cerramiento anular 122 y la pared externa de elemento de molienda 121 está definido un canal anular 123 que define la base de la cámara de molienda 116. Entre el borde superior del cerramiento anular 122 y la cara inferior del receptáculo 110 está definido un espacio anular, que forma una salida de descarga 117 de la cámara de molienda 116, para el paso de partículas de descarga que se han molido en la cámara de molienda 116 a un tamaño menor que el espacio que define la salida de descarga 117. El espacio anular que define la anchura de la salida de descarga 117 puede ajustarse al enroscar el receptáculo 110 hacia arriba o hacia abajo con relación al alojamiento 140 en virtud de la disposición con rosca de tornillo que monta el receptáculo 110 dentro del alojamiento 140. Para ajustar el espacio anular, primero deben retirarse el anillo de seguridad 142 y las chavetas 169 que traban de manera rotatoria el receptáculo 110 con relación al alojamiento 140. Las chavetas 169 y el anillo de seguridad 142 luego se reinsertan una vez que se ha alcanzado el espacio anular deseado.
- 15 En la primera forma de realización, el espacio anular se puede ajustar entre 0 mm (cerrando la salida de descarga 151) y 10 mm de manera selectiva. La anchura mínima de la cámara de molienda 116 típicamente será de no menos de tres veces el espacio anular máximo que define la salida de descarga 117 usado en funcionamiento normal. Cuando se desee cerrar la salida de descarga 117, es posible usar un sello de agua hidrostático para proteger las caras de sellado horizontales. El agua de sellado para dicho sello puede suministrarse mediante pasos en el elemento de molienda desde una unión hidráulica rotatoria unida a la parte superior del elemento de molienda 120. Las caras de sellado pueden estar formadas, de lo contrario, por materiales que resistan la abrasión y brinden fricción mínima, permitiendo que el espacio anular se cierre y se selle completamente sin necesidad de un sello independiente. También se contempla que un sello flexible pueda estar fijado al borde superior del cerramiento anular 122 o a la cara inferior del receptáculo 110 a fin de sellar el espacio anular sin poner las caras opuestas en contacto directo.
- 20 En la primera forma de realización, el elemento de molienda 120 comprende un cabezal de elemento de molienda 124, que incorpora la pared externa de elemento de molienda 121 y el cerramiento anular 122, y un árbol de elemento de molienda 125, que se extiende hacia abajo desde el cabezal de elemento de molienda 124 alrededor del eje de elemento de molienda B.
- 25 Un paso de desbordamiento 126 se extiende a través del cabezal de elemento de molienda 124, desde una posición adyacente al extremo superior de la pared externa de elemento de molienda 121 hacia la cara externa del cerramiento anular 122, brindando de esta manera una salida de descarga adicional de la cámara de molienda 116 además de la salida de descarga 117. El paso de desbordamiento 126 proporcionará particularmente una ruta de descarga alternativa para el fluido de proceso en exceso, que puede añadirse a la cámara de molienda 116 tal como se analizará más adelante, o la suspensión que contiene partículas de descarga. También se contempla que el paso de desbordamiento 126 pueda formar la salida de descarga primaria de la cámara de molienda 116 en las configuraciones en las que el espacio anular que define la salida de descarga 117 se haya cerrado al ajustar la ubicación del receptáculo 110, como puede ser deseable en ciertas aplicaciones. La entrada 126a del paso de desbordamiento 126 se abre radialmente y está protegida frente a la entrada de las partículas de alimentación alimentadas a través de la entrada de alimentación 113 por medio de una casquete sobresaliente 129 del elemento de molienda 116 que se ubica por encima de la pared externa de elemento de molienda 121. La salida de paso de desbordamiento 126b se extiende radialmente a través de la cara externa inferior del cabezal de elemento de molienda 124.
- 30 Un paso de alimentación de fluido 167 se extiende axialmente a través del árbol de elemento de molienda 125, con una unión rotatoria proporcionada en la base del árbol de elemento de molienda 125. El paso de alimentación de fluido 167 se extiende radialmente a través del cabezal de elemento de molienda 124 y luego verticalmente hasta una sección de salida de paso de alimentación de fluido 167a que se comunica con el canal anular 123 que define la base de la cámara de molienda 116, por medio de una válvula de una vía en forma de un anillo protector 166. El anillo protector 166 encaja de manera suelta dentro de un rebaje formado en la pared externa de elemento de molienda 121 y cubre la sección de salida 167a del paso de alimentación de fluido y una cavidad anular 168 que se comunica con la sección de salida de paso de alimentación de fluido 167a. El anillo protector 166 permite que el fluido de proceso inyectado a través del paso de alimentación de fluido 167 se introduzca en la cámara de molienda 116, al tiempo que evita que las partículas sólidas se introduzcan en la sección de salida de paso de alimentación de fluido 167a. La inyección del fluido de proceso en el paso de alimentación de fluido 167 será particularmente útil cuando el espacio anular que define la salida de descarga 117 se haya cerrado, permitiendo que el fluido de proceso

barra las partículas finas hacia arriba y fuera de la cámara de molienda 116 contra la fuerza centrífuga y la gravedad por medio del paso de desbordamiento 126.

La base 150 tiene forma generalmente anular y comprende una brida anular 151, un refuerzo externo 152 y un refuerzo interno 153. La brida anular 151 se puede usar para fijar el aparato de molienda a una estructura de soporte subyacente. Una abertura 154 se extiende a través de los refuerzos externo e interno 152, 153. La abertura 154 está desplazada excéntricamente del centro del refuerzo interno 153. El elemento de molienda 120 está montado sobre la base 150, extendiéndose con el árbol de elemento de molienda 125 a través de la abertura 154. El elemento de molienda 125 está montado específicamente a través de la abertura 144 dentro de un primer casquillo cilíndrico 155 que está montado a su vez dentro de un casquillo excéntrico 161 que forma parte de la disposición excéntrica 160. El primer casquillo 155 puede estar formado de manera adecuada, por ejemplo, por bronce que contiene 8-14 % de estaño con dureza Brinell de 60-80. El primer casquillo 155 puede estar lubricado de manera hidrostática o hidrodinámica para ayudar a proporcionar una rotación no restringida del elemento de molienda 120. En la configuración ilustrada, esta lubricación se proporciona mediante un paso de lubricación 135 que se extiende a través del primer casquillo 159 y del casquillo excéntrico 161. La cara inferior 127 del cabezal de elemento de molienda 124 está soportada sobre la cara superior del suelo de alojamiento 144 del alojamiento 140, típicamente, con lubricación hidrostática de las superficies de apoyo a fin de no inhibir la rotación relativa entre el elemento de molienda 120 y el alojamiento 140 (para las configuraciones en las que el elemento de molienda 120 y el alojamiento 140 no se acoplan para accionarse de manera rotatoria de manera conjunta). En la configuración ilustrada, esta lubricación se proporciona por medio de otro paso de lubricación 134 que se extiende a través del refuerzo externo 152 de la base 150. La cara inferior 127 del cabezal de elemento de molienda 124 tiene una separación con las caras superiores del refuerzo interno 153, el casquillo excéntrico 161 y el primer casquillo 155.

El alojamiento 140 tiene un cuerpo de alojamiento 143 que define la pared interna de alojamiento 141 y un suelo de alojamiento en forma de disco 144 ubicado debajo del cuerpo de alojamiento 143 y separado del cuerpo de alojamiento 143 por medio de puntales espaciados de manera circunferencial 145. Los puntales 145 están separados por aberturas 146 para el paso de las partículas de descarga que atraviesan la salida de descarga 117. El suelo de alojamiento 144 está soportado sobre la cara superior del refuerzo externo 152 de la base 150, típicamente con lubricación hidrostática de las superficies de apoyo a fin de no inhibir la rotación relativa entre el alojamiento 140 y la base 150. El desplazamiento lateral del alojamiento 140 (y, por ende, del receptáculo 110) con la relación a la base 150 se evita mediante el enganche de la cara interna del suelo de alojamiento 144 y de la cara externa del refuerzo interno 153 de la base 150. Este enganche puede tener lugar por medio de un segundo casquillo cilíndrico que facilite la rotación libre del alojamiento 140 (y, por ende, del receptáculo 110) con relación a la base 150. Como sucede con el primer casquillo 155, dicho segundo casquillo 156 típicamente estará formado por bronce que contiene 8-14 % de estaño con dureza Brinell de 60-80, típicamente con lubricación hidrostática de las superficies de apoyo para no inhibir la rotación relativa.

El elemento de molienda 120 se acciona de manera rotatoria alrededor del eje de elemento de molienda B a través de medios de accionamiento (no ilustrados) que hacen rotar el árbol de elemento de molienda 125. Los medios de accionamiento pueden estar en forma de un sistema de motor y engranajes, de un sistema de motor y correas de transmisión, de un motor hidráulico o de cualquier otra forma de accionamiento adecuada. Para la configuración y el tamaño particulares del aparato de molienda 100, se contempla un motor de accionamiento con una capacidad del orden de 45 kW, accionando el elemento de molienda 120 a una velocidad del orden de 300 rpm, que puede ser variable.

El receptáculo 110 también puede accionarse de manera rotatoria alrededor del eje de receptáculo A, ya sea por medio de un motor independiente o al acoplar el receptáculo 110 al elemento de molienda 120. Como mejor se ilustra en las Figuras 5 y 6, este acoplamiento se puede alcanzar por medio de una serie de pasadores de arrastre 163 que se proyectan desde la cara superior del suelo de alojamiento 144 recibidos dentro de las correspondientes cavidades de accionamiento 128 formadas en la cara inferior 127 del cabezal de elemento de molienda 124. Las cavidades de accionamiento 128 están sobredimensionadas para permitir el desplazamiento excéntrico de los respectivos ejes de rotación del alojamiento 140 (que rota con el receptáculo 110) y el elemento de molienda 120, que son el eje de receptáculo A y el eje de elemento de molienda B. Para las operaciones en las que se desee no accionar de manera activamente rotatoria el receptáculo 110, es posible omitir los pasadores de arrastre 163. También se contempla que el receptáculo 110 pueda accionarse de manera activamente rotatoria alrededor del eje de receptáculo A sin accionar de manera rotatoria el elemento de molienda 120. Dicho accionamiento rotatorio del receptáculo 110 podría alcanzarse de manera conveniente al accionar de manera rotatoria el alojamiento 140 por medio de un sistema de accionamiento por correa de transmisión o corona dentada y piñón, o medios de accionamiento similares. El receptáculo 110 podría accionarse, por ejemplo, mediante un accionamiento sin engranajes (motor de anillos) tal como se usa en los molinos de tambor. Dicho accionamiento comprendería elementos de rotor del motor que se fijan al alojamiento 140, con un conjunto de estator fijo que rodea los elementos de rotor. El alojamiento 140 se transformaría entonces en los elementos rotatorios de un motor síncrono grande, de baja velocidad.

En la disposición de la primera forma de realización, la disposición excéntrica 160 permite ajustar de manera selectiva la distancia de desplazamiento D entre el eje de receptáculo A y el eje de elemento de molienda B. La

disposición excéntrica 160 comprende el casquillo excéntrico 161 y un brazo de palanca que se proyecta radialmente 162 que se fija al extremo inferior del casquillo excéntrico 161. En virtud de la excentricidad del casquillo excéntrico 161, el desplazamiento rotatorio del casquillo excéntrico 161 por medio del desplazamiento del brazo de palanca 162 actúa para desplazar el árbol de elemento de molienda 125 que se extiende a través del casquillo excéntrico 161, y de esta manera el eje de elemento de molienda B, con relación a la base 150 y, por ende, con relación al eje de receptáculo A. La Figura 5 ilustra el casquillo excéntrico 161 en una primera orientación que proporciona una distancia de desplazamiento D máxima, mientras que la Figura 6 ilustra el casquillo excéntrico 161 en una segunda orientación opuesta, que proporciona una distancia de desplazamiento D mínima. En la primera forma de realización, la distancia de desplazamiento D se puede ajustar de manera selectiva entre 0 y 10 mm. En vez de que la disposición excéntrica 160 despliegue el eje de elemento de molienda B, se contemplan disposiciones excéntricas alternativas que funcionan para desplazar el eje de receptáculo A.

La cámara de molienda 116 puede estar parcialmente llena de medios de molienda 170 cuando se desee complementar la efectividad del proceso de pulverización, si bien el uso de medios de molienda 170 es opcional. Los medios de molienda 170 estarían formados por un material con una mayor densidad y dureza que el de las partículas de alimentación que hayan de reducirse de tamaño a través de la operación de molienda. Los medios de molienda pueden estar formados, por ejemplo, por acero con alto contenido de carbono, y tendrán un tamaño mayor que el espacio anular definido por la salida de cámara de molienda 117, pero menor que la anchura mínima de la cámara de molienda 116. Este tamaño garantizará que un alto porcentaje de los medios de molienda 170 permanezca dentro de la cámara de molienda 116 y que ninguna partícula individual de los medios de molienda 170 quede atrapada tanto en la superficie interna de elemento de alojamiento 111 como en la superficie externa de elemento de molienda 112 durante la operación, lo que de lo contrario puede obturar el aparato de molienda 100. Los medios de molienda 170 eventualmente se desgastarán, lo que genera que medios de molienda por debajo del tamaño pasen naturalmente fuera de la cámara de molienda 116 a través de la salida de descarga 117. El tamaño de los medios de molienda 170 también puede controlarse al abrir de manera periódica el espacio anular que define la salida de descarga para expulsar deliberadamente las partículas gastadas más pequeñas de los medios de molienda 170 de la cámara de molienda 118, que de lo contrario tomarían meramente el volumen de la cámara de molienda 116 que podría estar ocupado por las partículas de alimentación. Los medios de molienda 170 pueden componerse en parte por partículas de alimentación más grandes "competentes".

El funcionamiento del aparato de molienda 100 se describirá ahora con particular referencia a la Figura 5. El aparato de molienda 100 se configura primero para ajustar el espacio anular que define la salida de descarga 117 para adaptarse al tamaño máximo de descarga de partículas molidas deseado. Tal como se destacó con anterioridad, el espacio anular que define la salida de descarga 117 puede ajustarse al ajustar la ubicación vertical del receptáculo 110 respecto del alojamiento 130 por medio de la disposición de montaje con rosca de tornillo. Una distancia de desplazamiento D deseada, que típicamente se determinará siguiendo la molienda de prueba de partículas de alimentación de formas y tamaños particulares, y prestando atención al par de torsión de los medios de accionamiento, también se desplazará mediante la disposición excéntrica 160.

Las partículas de alimentación se alimentarán en la cámara de molienda 116 bajo la acción de la gravedad a través de la entrada de alimentación 113. Las partículas de alimentación pueden introducirse en la cámara de molienda 116 de forma competente o no competente. El fluido de proceso, por ejemplo agua, también se puede añadir a la cámara de molienda 116 a través de la abertura superior de receptáculo 113 y/o el paso de alimentación de fluido 167 para reducir la fricción dentro de la cámara de molienda 116 y transportar el material dentro de la cámara de molienda 170 en forma de suspensión.

Los medios de accionamiento accionan de manera rotatoria el elemento de molienda 120 por medio del árbol de elemento de molienda 125, alrededor del eje de elemento de molienda B. Durante la operación, el eje de elemento de molienda B permanece fijo. Es decir, el elemento de molienda B no gira durante la operación. Las partículas de alimentación harán un recorrido hacia abajo y hacia fuera a lo largo de la cámara de molienda 116 en dirección al, y a través del, canal anular 123 y hacia el cerramiento anular 122 en la extensión radialmente exterior de la cámara de molienda 116. Las fuerzas centrífugas que actúan sobre las partículas de alimentación se generan a partir de las fuerzas de fricción entre la pared externa de elemento de molienda 121 en rotación y las partículas de alimentación, generando un flujo rotatorio de las partículas de alimentación a través de la cámara de molienda anular 116. En las disposiciones en las que se usan los pasadores de arrastre 163 para accionar de manera rotatoria el receptáculo 110, la rotación de la pared interna de receptáculo 111 actúa para accionar adicionalmente las partículas de alimentación, y los medios de molienda 170, a lo largo de la cámara de molienda 116.

En las configuraciones en las que se permite que el receptáculo 110 rote libremente alrededor del eje de receptáculo A, omitiendo o retirando los pasadores de arrastre 163, el contacto de interferencia de la pared interna de receptáculo 111 con el contenido de la cámara de molienda 116 causará que el receptáculo 110 rote alrededor del eje de receptáculo A, de manera similar a un sistema de engranajes planetarios. El receptáculo 110 rotará de manera nominal a una velocidad reducida por la relación del diámetro de la pared interna de receptáculo 111 respecto al de la pared externa de elemento de molienda 121, permitiendo cierta disparidad de la relación del diámetro que cambia en toda la extensión de la cámara de molienda 116 así como efectos de fricción de deslizamiento del proceso. Los medios de molienda 170 y las partículas de alimentación dentro de la cámara de



5 molienda 116 se someterán a cizallamiento entre sí porque se forzará que se comporten de manera similar a los engranajes planetarios que estén en contacto entre sí. Debido al momento de inercia de masa significativamente superior del receptáculo 110 en relación con el momento de inercia de masa de los medios de molienda 170, el receptáculo 110 (y el alojamiento acoplado 140) almacenará energía potencial significativa (similar a un volante convencional) que hará de palanca ante cualquier fenómeno de pulverización instantáneo adverso esporádico y, por lo tanto, descargará energía cinética de vuelta a los medios de molienda 170 tal como se necesita para sortear cualquier fenómeno de pulverización tal. Por consiguiente, la energía menguará y fluirá dentro y fuera del receptáculo 110. La pared externa de elemento de molienda 121 y la pared interna de receptáculo 111 actúan como superficies de rodadura internas y externas que, a diferencia de los rodillos de molienda de alta presión, comprimen las partículas de alimentación con las superficies de rodadura múltiples veces a medida que las partículas de alimentación se fuerzan a través de la cámara de molienda 116.

15 El desplazamiento excéntrico entre el eje de receptáculo A y el eje de elemento de molienda B, junto con la rotación del receptáculo 110 y el elemento de molienda 120, generan una excitación sinusoidal del contenido de la cámara de molienda 116. La configuración de la cámara de molienda 116, tal como está definida por la pared interna de receptáculo 111 y la pared externa de elemento de molienda 121, es tal que los medios de molienda 160, las partículas de alimentación y el fluido de proceso están restringidos en las direcciones axial y radial hacia fuera (y, en menor grado, de manera circunferencial, y en la dirección radial hacia dentro). La naturaleza de la excitación sinusoidal será la de los ciclos de "presión" por compactación con rodillos y "liberación". La compactación máxima en el ciclo de presión ocurrirá dentro de la zona de compresión 116a donde la cámara de molienda 116 tiene una anchura promedio mínima mientras que la "liberación" máxima ocurre alrededor de la zona de liberación 116b de la cámara de molienda 116 en la que la anchura promedio de la cámara de molienda 116 es máxima. Durante la parte de "liberación" del ciclo sinusoidal, las fuerzas centrífugas causarán que los medios de molienda y las partículas de alimentación reordenen su posición y su orientación hasta el punto de agruparse para llenar el espacio vacío aumentado en la cámara de molienda 116 como consecuencia de la "liberación". Durante la parte de "presión" del ciclo sinusoidal, las fuerzas centrífugas restringen los medios de molienda y las partículas de alimentación mientras reordenan su posición y su orientación para encajar dentro de la zona de compresión más angosta 116a de la cámara de molienda 116 causada por la parte de "presión" del ciclo sinusoidal. Una distancia de desplazamiento D aumentada entre el eje de receptáculo A y el eje de elemento de molienda B creará una profundidad mayor de penetración de rodadura del elemento de molienda 120 en el lecho de medios de molienda 170 y de partículas de alimentación en la zona de compresión 116a, aumentando la presión aplicada al lecho. Esto también creará la necesidad de un par de torsión mayor aplicado por los medios de accionamiento para accionar el elemento de molienda 120. Típicamente, se generarán presiones de compresión específicas en la zona de compresión de 3 a 5 MPa de manera nominal.

35 Después de numerosos ciclos de pulverización creados por los ciclos sinusoidales de presión y liberación, las partículas de alimentación se molerán a un tamaño lo suficientemente pequeño para constituir partículas de descarga que sean capaces de descargarse de la cámara de molienda 116 por medio de la salida de descarga 117 o del paso de desbordamiento 126. Las partículas de descarga pueden procesarse luego como se desee, inclusive a través de un tamiz que puede estar montado sobre la base 150 o el alojamiento 140, como se describirá adicionalmente en relación con la segunda forma de realización más adelante.

45 La interacción de los medios de molienda 160 y de las partículas de alimentación durante la parte de "presión" del ciclo tendrá un grado de apalancamiento y, por ende, multiplicará la presión de contacto local entre las partículas en el pico de la onda de presión sinusoidal. Esta onda de presión también se propagará en el fluido de proceso, potencialmente causando un flujo de alta presión entre los medios de molienda 170 y las partículas de alimentación. La onda de presión típicamente hará un recorrido de manera continua y repetitiva de manera circunferencial alrededor de la cámara de molienda 116 con una velocidad de rotación que se aproxima a la del elemento de molienda 120.

50 La velocidad de rotación del elemento de molienda 120 debería seleccionarse de tal manera que sea suficiente para promover la separación por densidad, la segregación y/o la distribución de la mezcla de las partículas de proceso y del fluido de proceso dentro de la cámara de molienda 116 mediante la fuerza centrífuga en la dirección radial. La ley de Stokes sugiere que la velocidad de sedimentación de las partículas de alimentación será proporcional al diámetro de la partícula elevado a un exponente de dos. Las partículas más grandes tendrán así una velocidad de sedimentación superior y, por lo tanto, llegarán primero a la periferia exterior de la cámara de molienda 116. Las partículas de alimentación de mayor diámetro deberían entonces llegar a la región radialmente exterior, y de anchura reducida, de la cámara de molienda 116 y recibir la pulverización de los medios de molienda 170 antes que las partículas de alimentación de menor diámetro. No obstante, las partículas de alimentación continuarán recibiendo pulverización mientras hacen un recorrido radialmente hacia fuera a lo largo de la cámara de molienda 116. Los medios de molienda 170, que serán más densos y típicamente de mayor tamaño comparados con las partículas de alimentación, preferentemente ocuparán las regiones circunferenciales exteriores de la cámara de molienda 116 a los efectos de la fuerza centrífuga, de acuerdo con la ley de Stokes analizada anteriormente.

65 Se conoce que las partículas grandes en un sistema granular vibrado se elevan hacia la parte superior, brindando separación por tamaño de las partículas. De manera similar, la excitación sinusoidal de las partículas dentro de la

cámara de molienda 116 también causará invariablemente la separación por tamaño de las partículas allí contenidas. El flujo forzado de partículas a través de la cámara de molienda 116, que actúa de manera sinérgica con la separación por tamaño, puede generar partículas de descarga que tengan límites superiores e inferiores más acotados, y más controlados, de distribución de tamaños que los experimentados por los procesos de pulverización convencionales.

La excitación sinusoidal dentro de la cámara de molienda 116 también puede crear licuefacción. El fluido de proceso, con la fracción de menor tamaño de partículas de descarga, de manera fluidizada, es capaz de liberarse del contenido de la cámara de molienda 116 por licuefacción. Esto creará el potencial para que el flujo de la suspensión desafíe a la gravedad y desafíe a las fuerzas centrífugas dentro de la cámara de molienda 116. La suspensión puede fluir por encima del lecho de medios de molienda 170 y de las partículas de alimentación en la cámara de molienda 116 y puede descargarse de la salida de descarga 117 ya sea por medio de la salida de la cámara de molienda o bien a través del paso de desbordamiento 126.

Es posible observar que el aparato de molienda 100 combina y produce sinergia de los beneficios de compresión de los rodillos de molienda de alta presión con los beneficios de abrasión de los molinos de tambor de la técnica anterior. Se espera que el aparato de molienda 100 alcance las eficiencias de energía similares a las de los rodillos de molienda de alta presión, y por rangos de tamaño de partícula mucho más grandes como los que manejan los molinos de tambor. El ángulo de aproximación de las dos superficies de rodadura definidas por la pared interna de receptáculo 111 y la pared externa de elemento de molienda 121 que entran en la zona de compresión dentro de la cámara de compresión 116 (que es excéntrica, con una superficie de rodadura dentro de la otra) es insignificante en comparación con el ángulo de aproximación de las dos superficies de rodadura que entran en la zona de compresión de los rodillos de molienda de alta presión en contrarrotación convencionales. Esto anula la necesidad de la fricción en seco para forzar las partículas de alimentación en la zona de compresión 116a y refuerza el flujo volumétrico de las partículas de alimentación para pulverización. La disposición general del aparato de molienda 100, según el tamaño y la potencia específicos del aparato de molienda 100, puede alcanzar la pulverización relativamente eficiente de las partículas de alimentación hasta 200 mm de manera nominal a un tamaño de partícula de descarga de aproximadamente 20  $\mu\text{m}$ .

Un aparato de molienda 200 de acuerdo con una segunda forma de realización se ilustra en las Figuras 7 a 12 de los dibujos adjuntos. El aparato de molienda 200 tiene la misma forma básica que el aparato de molienda 100 de la primera forma de realización. Por consiguiente, las características del aparato de molienda 200 idénticas o equivalentes a las del aparato de molienda 100 se identifican en las figuras adjuntas con idénticos números de referencia. El aparato de molienda 200 tiene la misma forma básica que el aparato de molienda 100, con la inclusión de sistemas auxiliares adicionales, la retirada de los pasadores de arrastre 163 proporcionados en la primera forma de realización para el accionamiento rotatorio del receptáculo 110 con el elemento de molienda 120, y una disposición alternativa para montar el receptáculo 110 dentro del alojamiento 140. La descripción del aparato de molienda 100 anterior se aplica de igual manera al aparato de molienda 200, de acuerdo con las modificaciones en la descripción establecida a continuación.

Mientras que el aparato de molienda 100 de la primera forma de realización está destinado a ser una forma "piloto" relativamente pequeña y rudimentaria del aparato de molienda descrito, el aparato de molienda 200 de la segunda forma de realización está destinado a representar una versión comercial más grande del aparato de molienda. En particular, el aparato de molienda 200 tiene un diámetro de aproximadamente 2000 mm y está destinado a accionarse a una velocidad de rotación del orden de 80 rpm utilizando un motor de accionamiento 164 con una potencia nominal de 1,1 MW. El aparato de molienda 200 está configurado para recibir partículas de alimentación de un tamaño de hasta 200 mm, pudiendo ajustarse el espacio anular que define la salida de descarga 117 entre 0 y 165 mm (sirviendo este rango amplio principalmente a los efectos de purgar los medios de molienda 170 de la cámara de molienda 116). La distancia de desplazamiento D entre el eje de receptáculo A y el eje de elemento de molienda B también puede ajustarse entre 0 y 50 mm.

En el aparato de molienda 200, el receptáculo 110 se encuentra en forma de un cuerpo de receptáculo 118 con un revestimiento de receptáculo reemplazable 119 fijado al receptáculo 118 y que define la pared interna de receptáculo 111. El revestimiento de receptáculo 119 puede estar formado en segmentos independientes para la facilidad de su reemplazo. La pared interna de receptáculo 111 se encuentra nuevamente en forma de una superficie de revolución que se extiende alrededor del eje de receptáculo A y se ahúsa hacia la entrada de alimentación 113. No obstante, en lugar de ser frustocónica como sucede en la primera forma de realización, (en la que la pared interna de receptáculo 111 es lineal en cualquier sección transversal) en la segunda forma de realización, la pared interna de receptáculo 11 es convexa en cualquier sección transversal radial, como se ilustra mejor en la Figura 11. Esta forma particular ayuda a redireccionar la trayectoria vertical original de las partículas de alimentación a medida que entran en la entrada de alimentación 113 hasta una dirección más radial a medida que las partículas de alimentación atraviesan la cámara de molienda 116 hacia la salida de descarga 117. En el aparato de molienda 200, un conducto de alimentación 136 se extiende hacia arriba desde la entrada de alimentación 113 para el paso de las partículas de alimentación (y el fluido de proceso, cuando se utiliza) a la cámara de molienda 116.

El elemento de molienda 120 se encuentra en forma de un cuerpo de elemento de molienda 130 y de un

revestimiento de elemento de molienda 131 fijado al cuerpo de elemento de molienda 130, y que define la pared externa de elemento de molienda 121. Como sucede con el revestimiento de receptáculo 119, el revestimiento de elemento de molienda 131 puede estar formado en segmentos para facilitar el reemplazo. La pared externa de elemento de molienda 121 se encuentra nuevamente en forma de una superficie de revolución que se extiende alrededor del eje de elemento de molienda B, ahusándose hacia la parte superior del elemento de molienda 120. La pared externa de elemento de molienda 121, en lugar de tener forma frustocónica, es cóncava en cualquier sección transversal radial, como se ilustra mejor en la Figura 11.

En el aparato de molienda 200, el paso de desbordamiento 126 está dispuesto de tal manera que la entrada de paso de desbordamiento 126a se extiende verticalmente a través del revestimiento de elemento de molienda 131 centralmente en la parte superior del elemento de molienda 120. En lugar de estar formado de manera solidaria con el cuerpo de elemento de molienda 130 o el revestimiento de elemento de molienda 131, el cerramiento anular 122 del elemento de molienda 120 está formado por separado y se extiende alrededor de la circunferencia del revestimiento de elemento de molienda 131 para definir el canal anular 123. El cerramiento anular 122 puede estar formado del mismo material que el cuerpo de elemento de molienda 130 o que el revestimiento de elemento de molienda 131 o, de manera alternativa, puede estar formado por un material alternativo adecuado para crear un sello con la cara inferior del receptáculo 110, definida por el revestimiento de receptáculo 119, cuando el espacio anular que define la salida de descarga 117 está cerrado. Para evitar que las partículas de alimentación que entran en la cámara de molienda 116 a través de la entrada de alimentación 113 entren en la entrada de paso de desbordamiento 126a, el casquete 129 del elemento de molienda 120 está suspendido por encima de la entrada de paso de desbordamiento 126a.

El aparato de molienda 200 está dotado de un sistema de lubricación para lubricar las diversas superficies de apoyo y casquillos. Un primer paso de suministro de lubricante 132 se extiende hasta el árbol de elemento de molienda 125 y se ramifica radialmente hacia fuera a través del cabezal de elemento de molienda 124 para lubricar las superficies de apoyo de la cara inferior 127 del cabezal de elemento de molienda 124 y de la cara superior del suelo de alojamiento 144. Una serie de segundos pasos de lubricante 133 se extienden a través del refuerzo externo 152 de la base 150 para lubricar las superficies de apoyo de la cara inferior del suelo de alojamiento 144 y de la cara superior del refuerzo externo 152 de la base 150. Una serie de terceros pasos de lubricante 134 atraviesan el refuerzo interno 153 de la base 150 para lubricar el segundo casquillo cilíndrico 156 entre el refuerzo interno 153 y el suelo de alojamiento 144. Una serie de cuartos pasos de lubricante 135 se extiende a través del casquillo excéntrico 161 para lubricar el primer casquillo 155.

El elemento de molienda 120 se acciona alrededor del eje de elemento de molienda B a través de unos medios de accionamiento en forma de motor de accionamiento 164 que acciona el árbol de elemento de molienda 125. El brazo de palanca 162 de la disposición excéntrica 160 se acciona aquí por medio de un ariete hidráulico 165.

El aparato de molienda 200 está dotado además de un sistema colector de producto de descarga 175 que recibe el producto de descarga molido una vez expulsado de la cámara de molienda 116 a través de la salida de descarga 117 o del paso de desbordamiento 126. El sistema colector 175 incluye un tamiz 176 ubicado debajo de la cámara de molienda 116, y que particularmente se extiende de manera circunferencial alrededor del elemento de molienda 120 directamente debajo del alojamiento 140. El tamiz 176 se fija al suelo de alojamiento 144 de tal manera que rota con el alojamiento 140 y está configurado para recibir las partículas de descarga a medida que pasan ya sea desde la salida de descarga 117 o desde la salida de paso de desbordamiento 126b sobre el suelo de alojamiento 144 a través de las aberturas 146. El tamiz 176 se encuentra en forma de malla con las aberturas de malla dimensionadas para permitir que solamente las partículas de descarga más pequeñas que el tamaño de las aberturas de malla las atraviesen, donde típicamente se recogerán en una bandeja (no ilustrada) dispuesta debajo del tamiz 176.

Un conducto de productos sobredimensionados 177 está definido por una pared 178 que se extiende alrededor de la mayor parte de la periferia circunferencial del tamiz 176, estando una abertura de conducto 179 del conducto de productos sobredimensionados 177 definida en el borde abierto del tamiz 176. La pared 178 que define el conducto de productos sobredimensionados 177 se fija en relación con la base 150, de tal manera que no rote con el tamiz 176 garantizando que la pared 178 guíe el producto sobredimensionado fuera del tamiz 176 a través de la abertura 179. El conducto de productos sobredimensionados 177 funciona para recoger el producto sobredimensionado descargado de la cámara de molienda 116 que no atravesará las aberturas de malla del tamiz 176, guiando el producto sobredimensionado a lo largo del conducto de productos sobredimensionados 177 y fuera de la abertura de conducto 179 en virtud de la rotación del tamiz 176 con el alojamiento 140.

En el aparato de molienda 200 de la segunda forma de realización, en lugar de fijarse al alojamiento 120 con una disposición con rosca de tornillo, el receptáculo 110 se monta dentro del cuerpo de alojamiento 143 por medio de un tercer casquillo 157 que separa el receptáculo 110 del cuerpo de alojamiento 143 en un intento por permitir el movimiento axial oblicuo del receptáculo 110 en relación con el alojamiento 140. El tercer casquillo 157 está lubricado con grasa de alta presión, y protegido frente a la entrada de material foráneo por una cubierta.

El aparato de molienda 200 está dotado de un sistema de suspensión 180 que brinda desplazamiento vertical relativo entre el elemento de molienda 120 y el receptáculo 110 en el caso de que el material incompresible en la

cámara de molienda 116 quede atrapado entre la pared interna de receptáculo 111 y la pared externa de elemento de molienda 121, lo que de lo contrario puede obturar, y potencialmente dañar, el aparato de molienda 200.

5 El sistema de suspensión 180 comprende una serie de arietes de elevación de doble acción espaciados de manera circunferencial 181, que son, cada uno, operables en una dirección axial vertical y tienen un accionador de arietes 182 que se fija a la parte superior del receptáculo 110. El desplazamiento axial de los accionadores de arietes 182 brindan desplazamiento vertical del receptáculo 110 con relación al alojamiento 140 y, por consiguiente, desplazamiento vertical con relación al elemento de molienda 120. Por consiguiente, la retracción de los  
10 accionadores de arietes 182 genera el desplazamiento del receptáculo 110 hacia arriba, aumentando el espacio anular que define la salida de descarga 117 y aumentando la anchura de la cámara de molienda 116. Los arietes de elevación de doble acción 181 pueden accionarse de manera activa para ajustar de manera selectiva el espacio anular que define la salida de descarga 117. Los arietes hidráulicos 181 también son reactivos a las altas presiones de compresión que se transmiten a los accionadores de arietes 182 durante la operación en el caso de que las  
15 sustancias incompresibles o los eventos dentro de la cámara de molienda 116 o la salida de descarga 117 queden atrapados entre la pared interna de receptáculo 111 y la pared externa de elemento de molienda 121.

Los arietes hidráulicos 181 están asociados, cada uno, operativamente con acumuladores de compresión y evacuación 183, 184 que se comunican con extremos operativos opuestos de los arietes de elevación de doble acción 181 por medio de circuitos neumáticos e hidráulicos. El circuito neumático del sistema de suspensión 180  
20 actúa para brindar el desplazamiento del receptáculo 110 cuando un evento de sobrepresión ocurra dentro de la cámara de molienda 116, mientras que el circuito hidráulico se opera activamente para ajustar la posición del receptáculo 110, particularmente para ajustar el espacio anular definido por la salida de descarga 117. El circuito neumático hace que el sistema de suspensión 180 reaccione ante la presión excesiva que actúa sobre la pared interna de receptáculo 111 para comprimir los arietes hidráulicos 181, permitiendo que el receptáculo 111 se mueva  
25 verticalmente para permitir que se libere cualquiera partícula atrapada entre la pared interna de receptáculo 111 y la pared externa de elemento de molienda 121. El circuito neumático comprende un circuito anular de compresión neumática 187 y un circuito anular de evacuación neumática 188, que típicamente estarán cargados, cada uno, con nitrógeno. El circuito hidráulico comprende un circuito anular de compresión hidráulica 185 y un circuito anular de evacuación hidráulica 186.  
30

Un experto en la técnica apreciará diversas modificaciones adicionales que pueden realizarse a los aparatos de molienda descritos 100, 200.

**REIVINDICACIONES**

1. Aparato de molienda (100) que comprende:
  - 5 un receptáculo (110) que tiene una pared interna de receptáculo (111) que define una cavidad de receptáculo (112), siendo dicha pared interna de receptáculo (111) generalmente en forma de una superficie de revolución que se extiende alrededor de un eje de receptáculo central que se extiende verticalmente (A), pudiendo dicho receptáculo (110) rotar alrededor de dicho eje de receptáculo (A);
  - 10 un elemento de molienda (120) que tiene una pared externa de elemento de molienda (121) generalmente en forma de una superficie de revolución que se extiende alrededor de un eje de elemento de molienda central (B) que se extiende verticalmente, siendo dicho eje de elemento de molienda (B) generalmente paralelo a dicho eje de receptáculo (A), y estando desplazado en relación con dicho eje de receptáculo (A) por una distancia de desplazamiento (D), definiendo dicha pared interna de receptáculo (111) y dicha pared externa de elemento de molienda (121) juntas una cámara de molienda (116) dentro de dicha cavidad de receptáculo (112), teniendo dicha cámara de molienda (116) una sección transversal generalmente anular;
  - 15 unos medios de accionamiento adaptados para accionar de manera rotatoria dicho elemento de molienda (120) alrededor de dicho eje de elemento de molienda (B) y/o para accionar de manera rotatoria dicho receptáculo (110) alrededor de dicho eje de receptáculo (A);
  - 20 en el que dicha distancia de desplazamiento (D) puede ajustarse de manera selectiva;
  - 25 caracterizado porque dicho elemento de molienda (120) comprende un cabezal de elemento de molienda (124) que define dicha pared externa de elemento de molienda (121) y un árbol de elemento de molienda (125) montado de manera rotatoria dentro de una disposición excéntrica (160) configurada para desplazar selectivamente dicho eje de elemento de molienda (B) para ajustar dicha distancia de desplazamiento (D);
  - 30 y porque un paso de alimentación de fluido (167) se extiende a través de dicho elemento de molienda (120) y se comunica con dicha cámara de molienda (116).
2. Aparato según la reivindicación 1, en el que dichos medios de accionamiento están adaptados para accionar de manera rotatoria solamente dicho elemento de molienda (120).
- 35 3. Aparato según la reivindicación 1, en el que dichos medios de accionamiento están adaptados para accionar de manera rotatoria dicho elemento de molienda (120) y dicho receptáculo (110).
4. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que dicha cámara de molienda (116) tiene una entrada de alimentación (113) en un extremo superior de dicho receptáculo (110).
- 40 5. Aparato según la reivindicación 4, en el que dicha pared interna de receptáculo (111) se ahúsa hacia dicha entrada de alimentación (113), y dicha pared externa de elemento de molienda (121) se ahúsa hacia dicha entrada de alimentación (113).
- 45 6. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que, a lo largo de cualquier plano radial, la anchura de dicha cámara de molienda (116), definida como la distancia mínima entre dicha pared externa de elemento de molienda (121) en un punto determinado en el plano radial y dicha pared interna de receptáculo (111), se ahúsa hacia un extremo inferior de dicha cámara de molienda (116).
- 50 7. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que se define un espacio anular entre dicho receptáculo (110) y dicho elemento de molienda (120) en una extremidad radialmente exterior de dicha cámara de molienda (116), definiendo dicho espacio anular una salida de descarga (117) que se extiende de manera circunferencial.
- 55 8. Aparato según la reivindicación 7, en el que dicho espacio anular puede ajustarse de manera selectiva.
9. Aparato según la reivindicación 7, en el que dicho espacio anular puede ajustarse a un estado cerrado.
- 60 10. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 8 y 9, en el que dicho receptáculo (110) está montado en un alojamiento (140) mediante una disposición con rosca de tornillo operable para ajustar dicho espacio anular.
- 65 11. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, en el que dicho elemento de molienda (120) comprende además un cerramiento anular (122) que define una periferia que se extiende de manera circunferencial de dicho elemento de molienda (120), estando dicho espacio anular definido entre un borde superior de dicho cerramiento anular y una cara inferior de dicho receptáculo (110).

- 5
12. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que un paso de desbordamiento (126) se extiende a través de dicho elemento de molienda (120) entre una porción superior de dicha cámara de molienda (116) y una parte exterior de dicha cámara de molienda (116).
- 10
13. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en el que dicho aparato de molienda comprende además un tamiz (176) ubicado debajo de dicha cámara de molienda (116) para recibir el material descargado de dicha cámara de molienda (116) y configurado para permitir que el material que tenga un tamaño inferior al predeterminado atraviese dicho tamiz (176).
- 15
14. Aparato según la reivindicación 13, en el que dicho tamiz (176) se extiende de manera circunferencial alrededor de dicho elemento de molienda (120).
- 20
15. Aparato según la reivindicación 14, en el que dicho tamiz (176) está fijado de manera rotatoria con relación a dicho receptáculo (116).
- 25
16. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 14 y 15, en el que dicho aparato de molienda comprende además un conducto de productos sobredimensionados (177) dispuesto en dicho tamiz (176) para guiar el material que exceda dicho tamaño predeterminado desde una superficie superior de dicho tamiz (176).
- 30
17. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16, en el que dicho aparato de molienda comprende además medios de molienda (160) en dicha cámara de molienda (116).
- 35
18. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 17, en el que dicho aparato de molienda comprende además un sistema de suspensión (180) que brinda desplazamiento vertical relativo entre dicho elemento de molienda (120) y dicho receptáculo (110) en el caso de que el material incompresible en dicha cámara de molienda (116) quede atrapado entre dicha pared interna de receptáculo (111) y dicha pared externa de elemento de molienda (121).
- 40
19. Aparato según la reivindicación 18, en el que dicho sistema de suspensión (180) comprende una pluralidad de arietes de elevación hidráulicos (181).
- 45
20. Aparato según la reivindicación 19, cuando se encuentra bajo la forma de la reivindicación 8, en el que dichos arietes de elevación hidráulicos (181) están configurados para ajustar de manera selectiva dicho espacio anular que define dicha salida de descarga (117).
21. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 20, en el que dicho receptáculo (118) comprende un cuerpo de receptáculo (118) y un revestimiento de receptáculo reemplazable (117) montado sobre dicho cuerpo de receptáculo (118) y que define dicha pared interna de receptáculo (111).
22. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 21, en el que dicho elemento de molienda (120) comprende un cuerpo de elemento de molienda (130) y un revestimiento de elemento de molienda (131) montado en dicho cuerpo de elemento de molienda (130) y que define dicha pared externa de elemento de molienda (121).

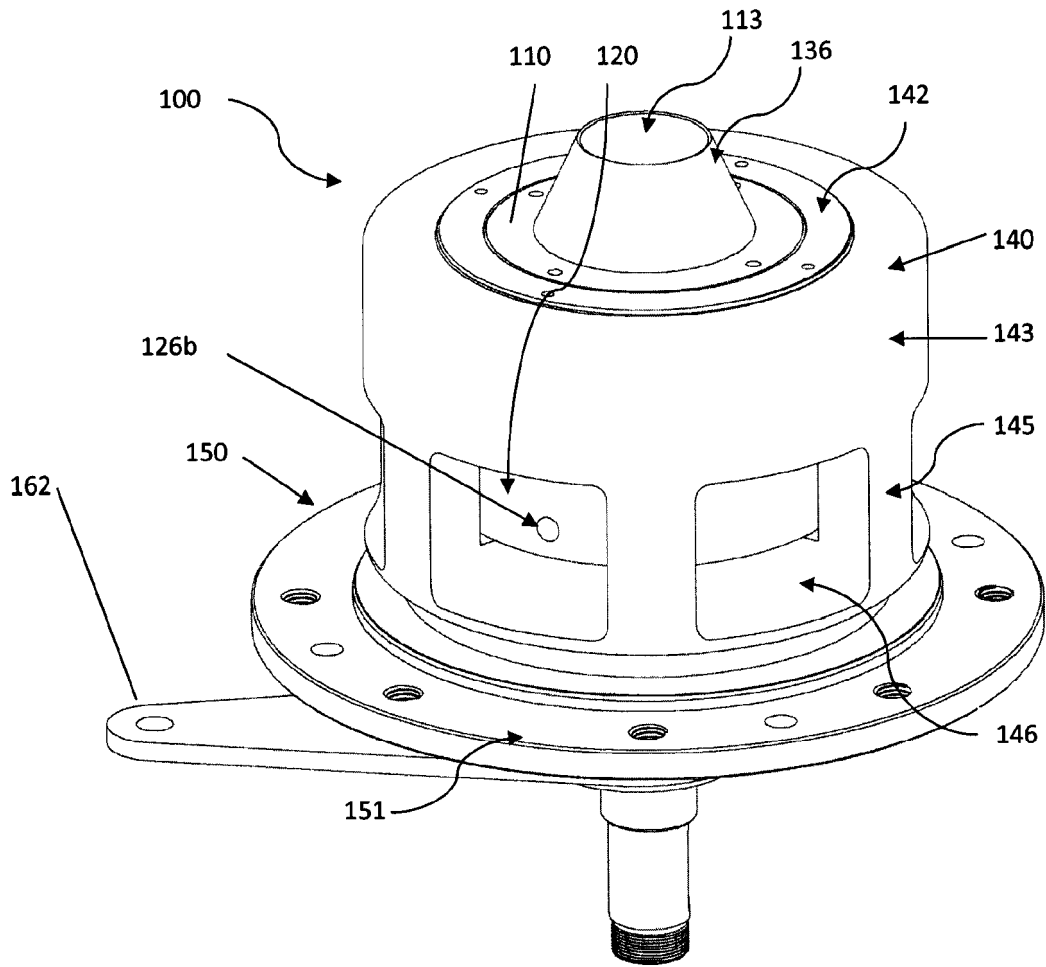


Fig. 1

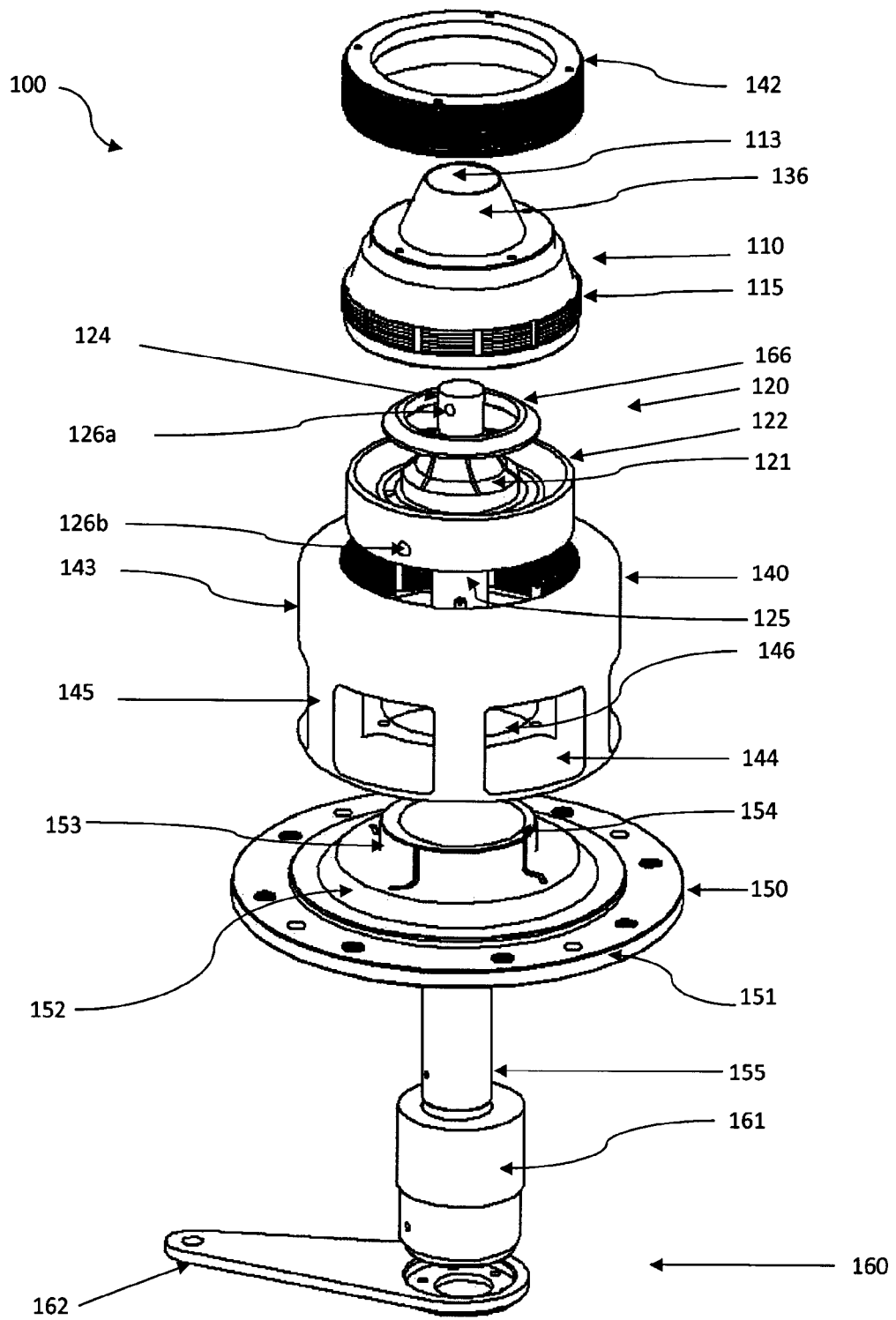


Fig. 2



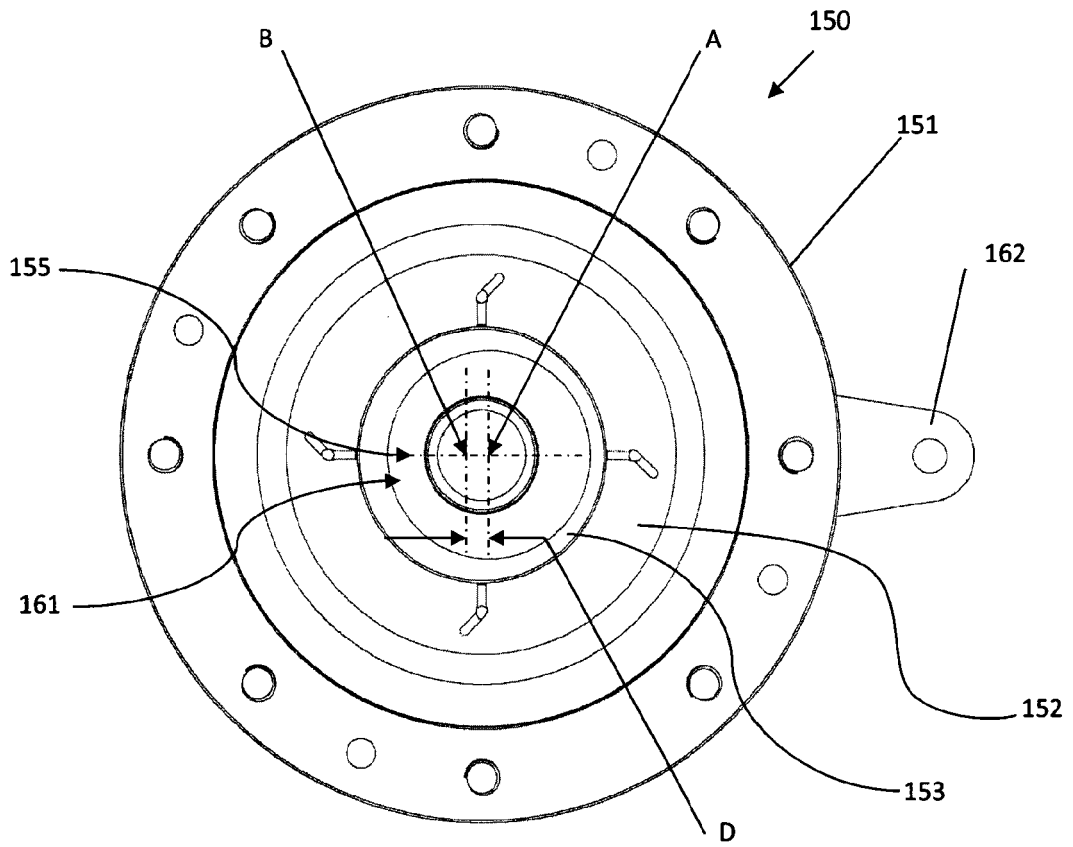


Fig. 3

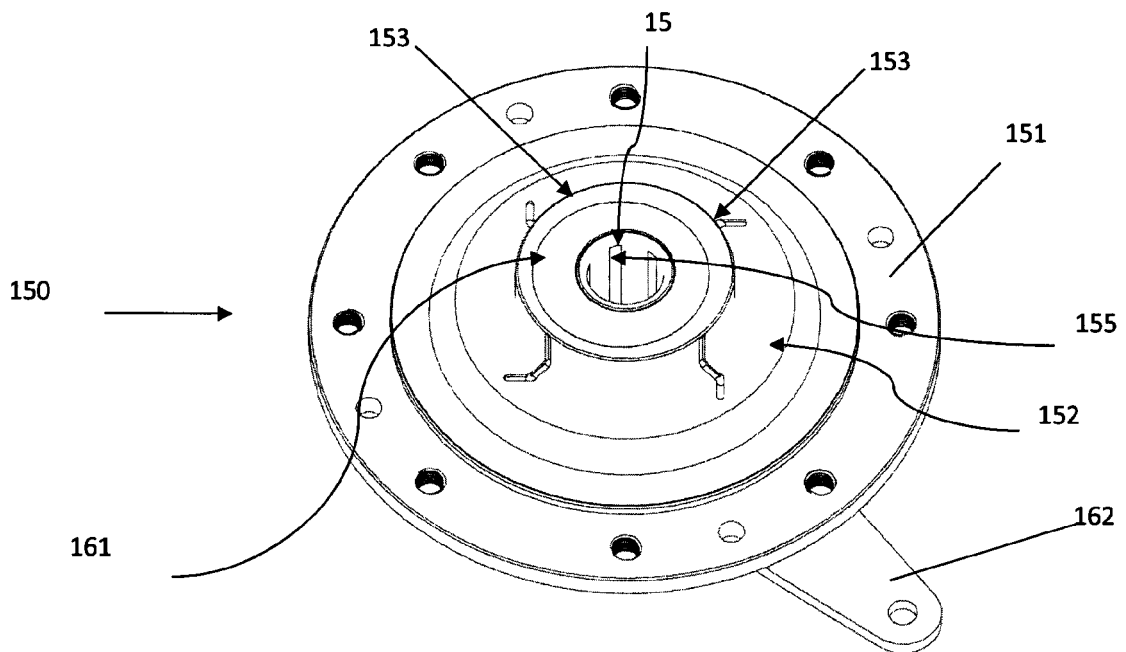


Fig. 4

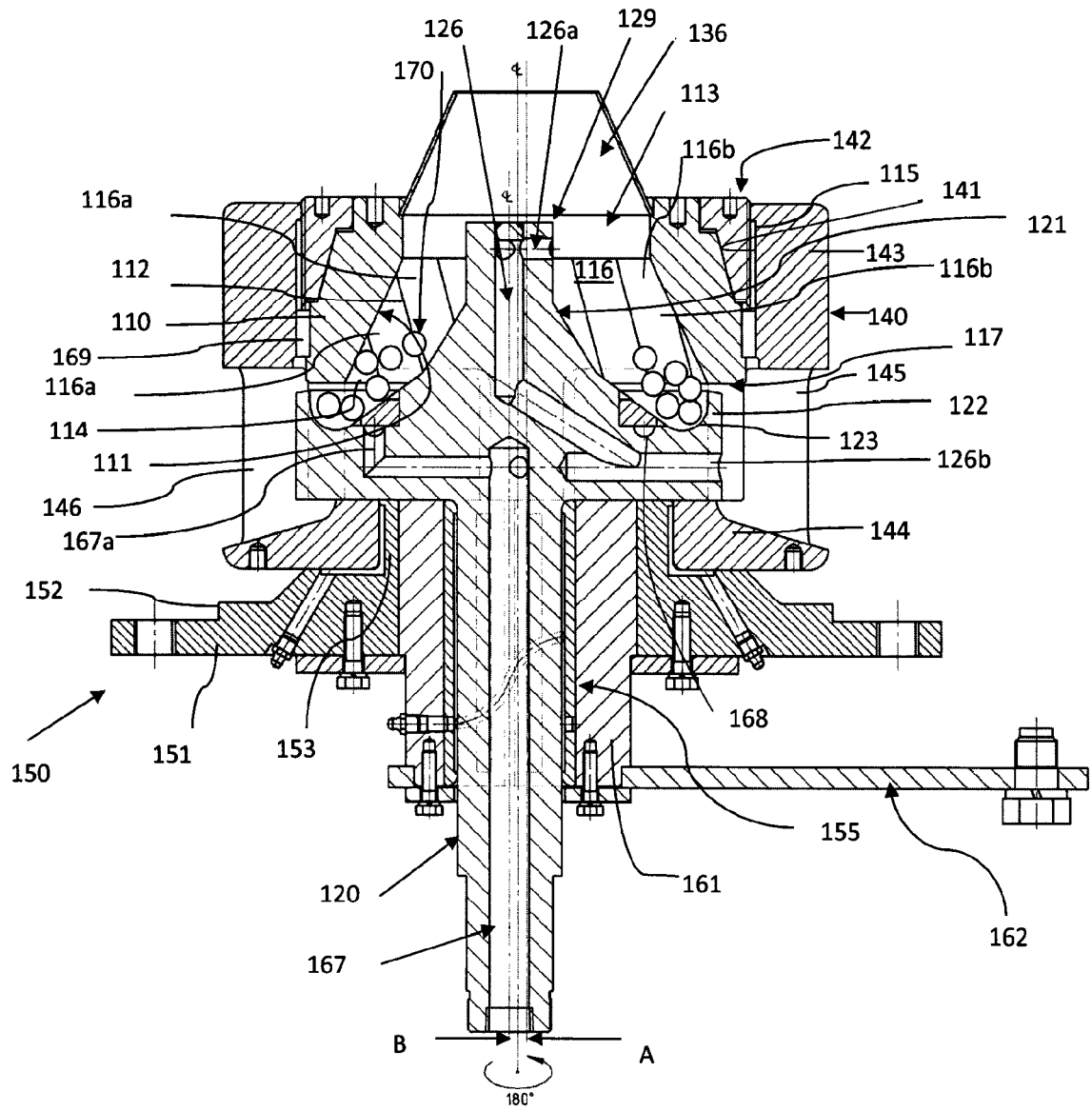


Fig. 5

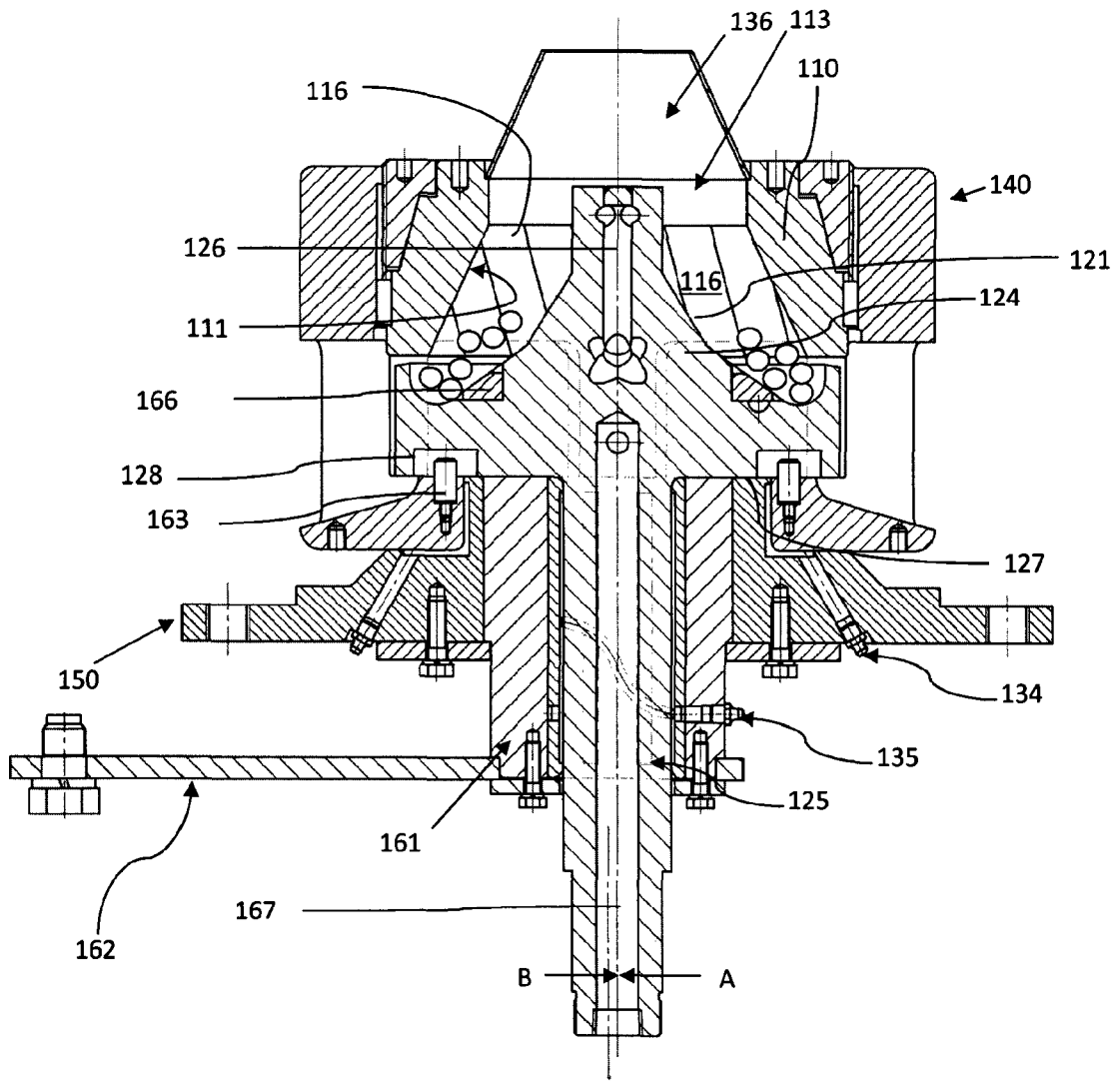


Fig. 6

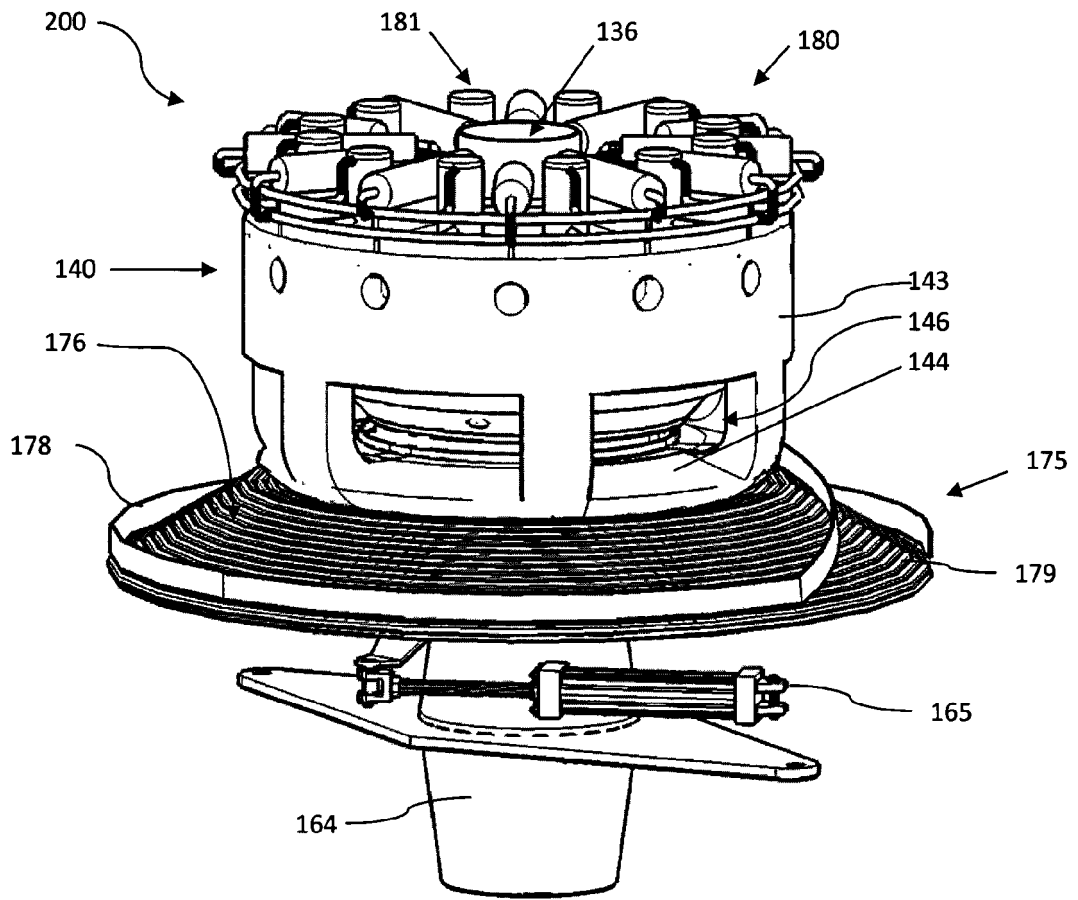


Fig. 7

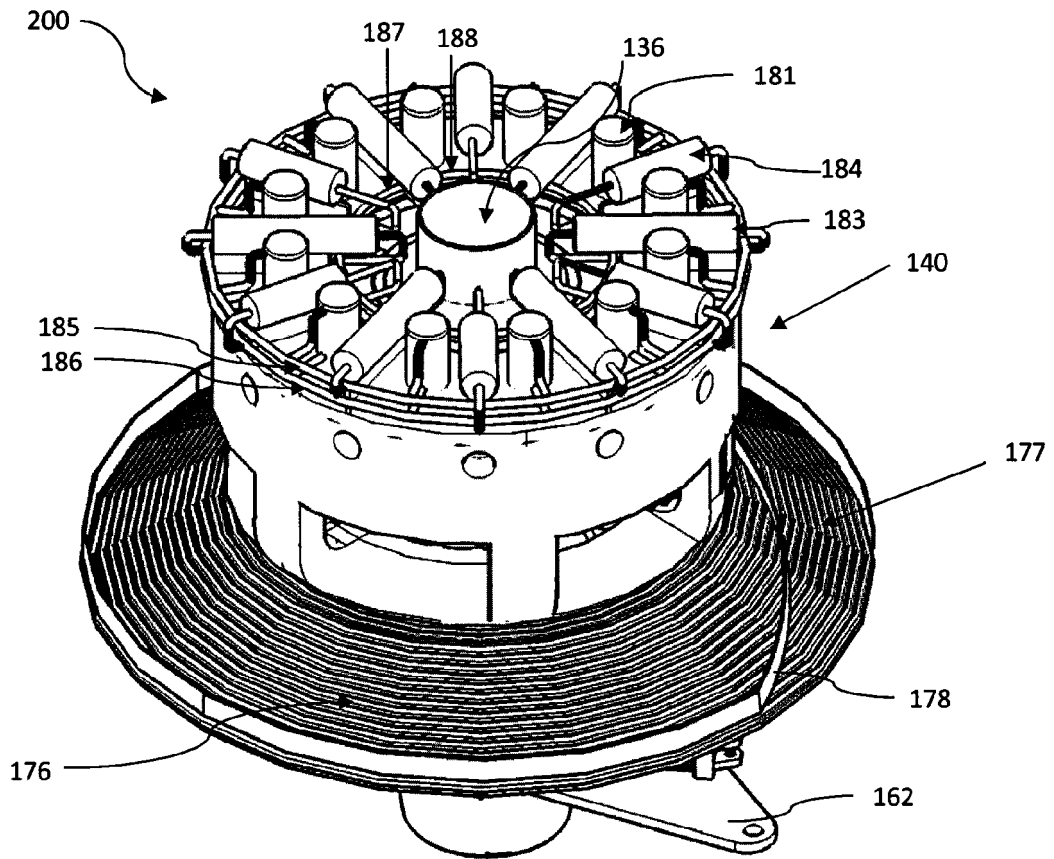


Fig. 8

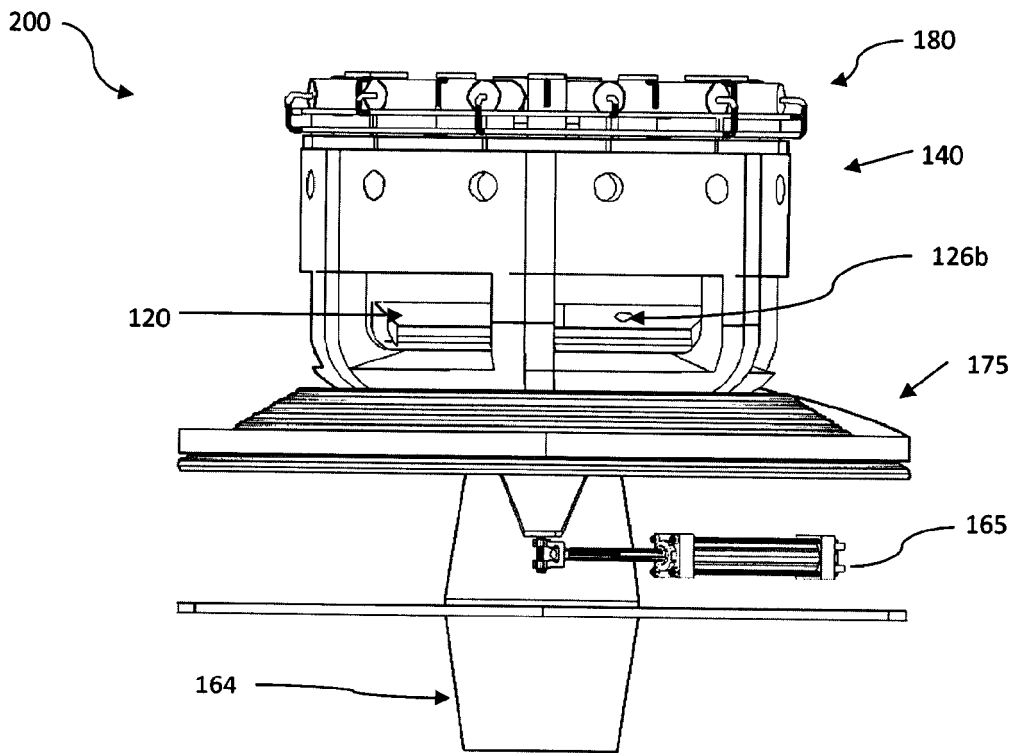


Fig. 9

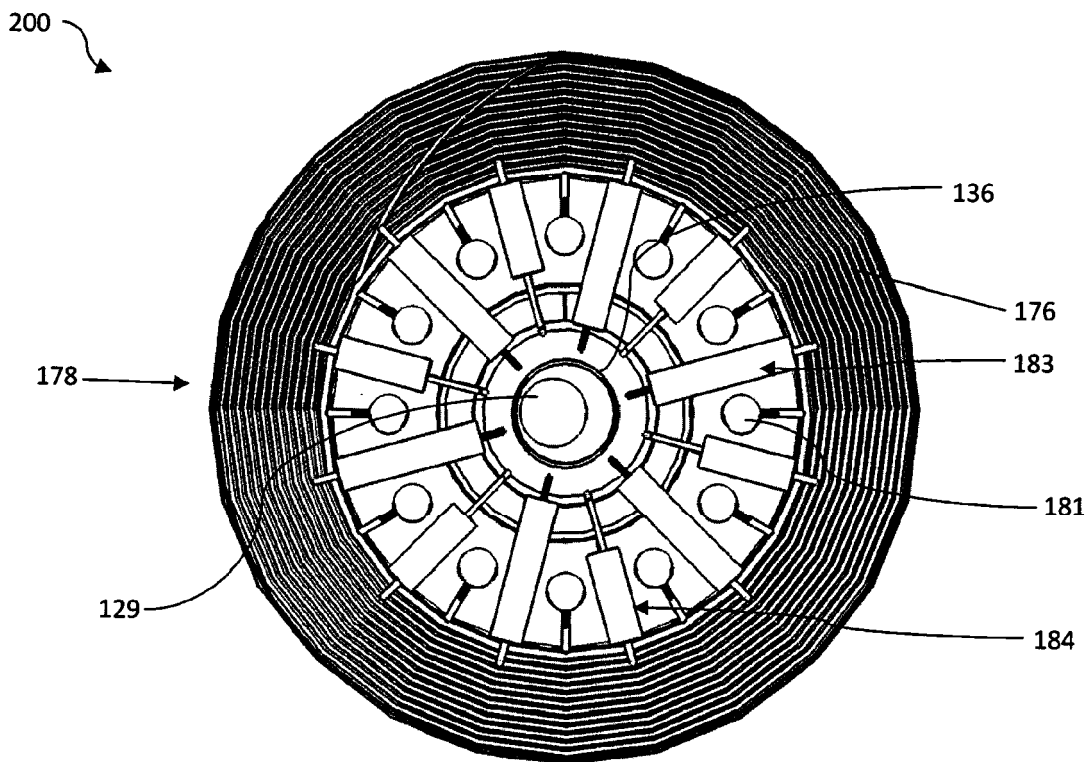


Fig. 10

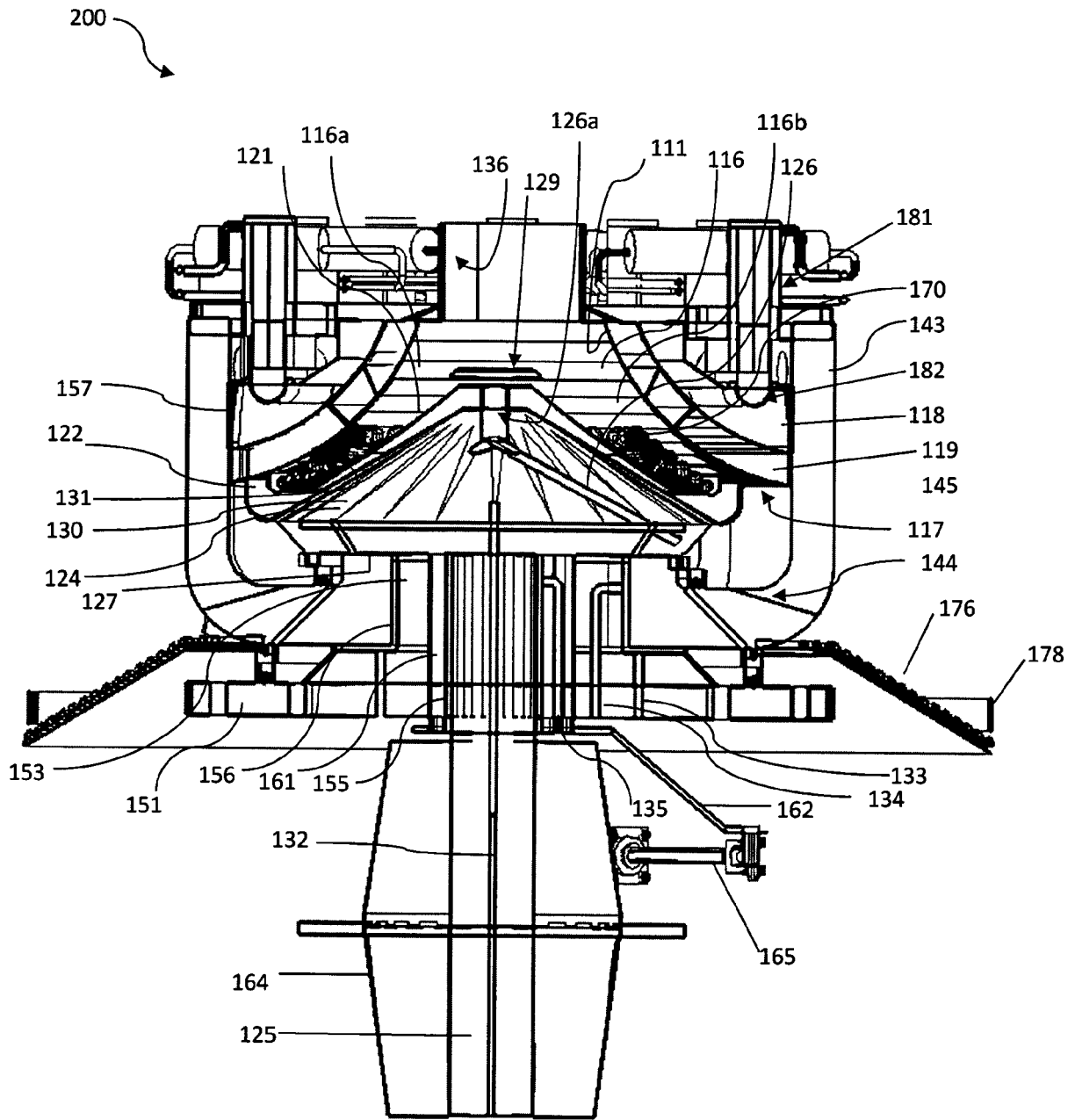


Fig. 11

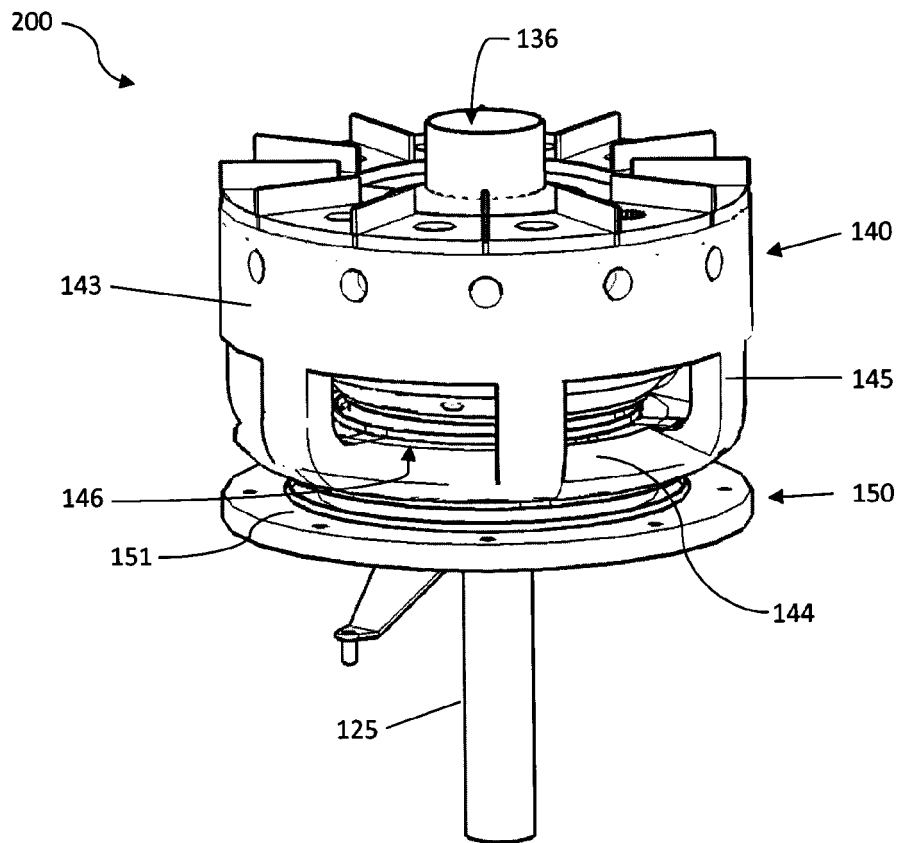


Fig. 12