

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 698 254**

51 Int. Cl.:

**B02C 17/16** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.10.2016** E 16194368 (3)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.09.2018** EP 3311921

54 Título: **Molino de bolas con mecanismo agitador**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**01.02.2019**

73 Titular/es:

**WILLY A. BACHOFEN AG (100.0%)**  
**Junkermattstrasse 11**  
**4132 Muttenz, CH**

72 Inventor/es:

**SIMONS, BENEDIKT;**  
**GROSS, LIONEL y**  
**STEHR, NORBERT**

74 Agente/Representante:

**SALVÀ FERRER, Joan**

**ES 2 698 254 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

Molino de bolas con mecanismo agitador

- 5 **[0001]** La invención se refiere a un molino de bolas con mecanismo agitador según el preámbulo de la reivindicación 1 y a un disco agitador para un molino de bolas con mecanismo agitador según el preámbulo de la reivindicación 13.
- 10 **[0002]** En un molino de bolas con mecanismo agitador con recipiente de molienda dispuesto en horizontal de este tipo, conocido por el documento, DE 1 632 424, se conocen discos agitadores con perfiles de arrastre circulares que pueden estar formados por aberturas, ranuras o hendiduras planas. Los perfiles de arrastre son circulares y presentan un radio de curva de entre el 50 % y el 100 % del radio del disco. Partiendo del borde del disco, el ángulo de incidencia del perfil es de entre un 30 % y un 50 % mayor en dirección al centro del disco que el ángulo de incidencia de un disco agitador liso. Con ello se pretende conseguir un aumento considerable de la eficiencia de dispersión sin que se destruyan los elementos trituradores. Debido al gran radio de curva, los perfiles de arrastre formados en consecuencia terminan, en el interior, a una distancia radial considerable del eje agitador y, no obstante, a un lado del mismo. En el extremo radial interno, los perfiles de arrastre discurren esencialmente tangencialmente al eje longitudinal central del eje del mecanismo agitador, es decir, al vector de rotación. En general, no se produce un arrastre satisfactorio de los elementos trituradores en la zona interna del disco agitador según una extensión radial de aproximadamente el 50 % entre el límite interno y periférico de la superficie del disco agitador que se encuentra en la cámara de molienda. Un molino de bolas con mecanismo agitador equipado con discos agitadores de este tipo solo es apto para un nivel de llenado de elementos trituradores comparativamente bajo, de entre el 40 y el 60 % en relación al contenido de la cámara de molienda. En la zona de la periferia del disco agitador, los elementos trituradores son desplazados radialmente hacia el exterior por las paredes de arrastre de los perfiles de arrastre, en el plano de los discos agitadores, en perpendicular al eje del mecanismo agitador. En un molino de bolas con mecanismo agitador de este tipo, solo se consigue una entrada de potencia baja que, además, se distribuye de forma muy irregular por la cámara de molienda. Esto tiene como resultado un mal rendimiento espacio-tiempo del proceso de molienda con un consumo de energía específico relativamente elevado.
- 20
- 25
- 30 **[0003]** La invención se basa en el objetivo de conseguir una mayor entrada de potencia a una menor velocidad periférica de los discos agitadores, mejorando aún más la eficiencia energética del proceso de molienda para obtener una distribución estrecha de tamaños de partículas del material de molienda tratado y, al mismo tiempo, una mayor productividad.
- 35 **[0004]** El objetivo en el que se basa la invención se consigue mediante un molino de bolas con mecanismo agitador con las características de la reivindicación independiente 1 y mediante un disco agitador con las características de la reivindicación independiente 13. El concepto de solución en el que se basa la invención consiste en generar flujos circulares particularmente pronunciados en las celdas de molienda, en particular incluso a niveles elevados de llenado de elementos trituradores, para arrastrar más eficazmente los elementos trituradores a fin de formar las paredes de arrastre de los perfiles de arrastre que los aceleran y que comienzan ya en el eje del mecanismo agitador, en la zona interna orientada en ángulo recto en relación al eje longitudinal central y, más hacia el exterior, curvadas hacia atrás, y a fin de no continuar los perfiles de arrastre hasta la periferia del disco, es decir, hasta el borde exterior del disco agitador. Sorprendentemente, se ha demostrado que, en condiciones de contorno comparables a las de los molinos de bolas con mecanismo agitador convencionales, se obtiene una mejor calidad de molienda, entendida como una distribución de partículas más estrecha en el material de molienda tratado, si los perfiles de arrastre terminan antes de alcanzar el borde exterior del disco agitador. Una posible explicación reside en que la superficie del disco agitador antepuesto en la dirección de flujo total del molino de bolas con mecanismo agitador desvía los elementos trituradores acelerados hacia el exterior por los perfiles de arrastre en la zona radial externa a la celda de molienda anterior dispuesta aguas arriba y a superficie del disco agitador trasero correspondiente los desvía a la celda de molienda posterior dispuesta aguas abajo. De esta forma, se consigue un despliegue definido de los elementos trituradores acelerados hacia el exterior mediante ambas caras de un disco agitador, en lugar de comprimirlos únicamente en la zona situada entre el borde exterior del disco agitador y la pared de la cámara de molienda, como es el caso en el estado actual de la técnica. No se generan remolinos secundarios adyacentes al borde exterior del disco agitador, es decir, en el espacio anular o ranura entre el borde exterior del disco agitador y la pared del recipiente de molienda. Así se consigue una mejora significativa de la suavidad de funcionamiento del molino de bolas con mecanismo agitador, que está relacionada con una reducción significativa del desgaste de los discos agitadores y de la pared exterior de la cámara de molienda. Gracias a los perfiles de arrastre de los discos agitadores diseñados según la invención, estos parámetros pueden ajustarse y desplazarse de forma fiable, lo que permite conseguir una calidad de molido predeterminada y una reducción drástica del consumo
- 40
- 45
- 50
- 55

de energía específico para la tarea de amolado. Estos parámetros son, en particular, un nivel de llenado elevado de elementos triturados y, al mismo tiempo, una velocidad de agitación más baja.

**[0005]** Las reivindicaciones dependientes 2 a 12 especifican configuraciones ventajosas del molino de bolas con mecanismo agitador según la invención.

**[0006]** Otras ventajas y detalles de la invención se especifican en las reivindicaciones dependientes y en la siguiente descripción de diversos ejemplos de realización de la invención con referencia al dibujo. Muestran:

10 La fig. 1, una representación esquemática de una vista lateral parcialmente deconstruida de un ejemplo de realización de un molino de bolas con mecanismo agitador según la invención,

La fig. 2, una vista en planta de un primer ejemplo de realización de un disco agitador según la invención,

15 La fig. 3, una sección transversal parcial del disco agitador de la fig. 2,

La fig. 4, una representación parcial de la fig. 1, en una escala ampliada en comparación con la fig. 1, de los discos agitadores de las figuras 2 y 3,

20 La fig. 5, una vista en planta de un segundo ejemplo de realización de un disco agitador según la invención,

La fig. 6, una sección transversal parcial del disco agitador de la fig. 5,

La fig. 7, una representación parcial de la fig. 1, en una escala ampliada en comparación con la fig. 1, de los discos agitadores de las figuras 5 y 6,

25 La fig. 8, una vista en planta de un tercer ejemplo de realización de un disco agitador según la invención,

La fig. 9, una sección transversal parcial del disco agitador de la fig. 8,

30

La fig. 10, una vista en planta de un cuarto ejemplo de realización de un disco agitador según la invención,

La fig. 11, una sección transversal parcial del disco agitador de la fig. 10.

35 **[0007]** La figura 1 representa un molino de bolas horizontal con mecanismo agitador. Este presenta, por lo general, un soporte 1 que se apoya sobre el suelo 2. En el soporte 1 está alojado un motor de accionamiento de velocidad regulable 3 provisto de una polea de correa trapezoidal 4 mediante la cual puede accionarse rotativamente un eje de accionamiento 7 del molino de bolas con mecanismo agitador mediante la correa trapezoidal 5 y una segunda polea de correa trapezoidal 6. El eje de accionamiento 7 está montado de forma giratoria en una sección superior 8 del soporte 1 mediante varios cojinetes 9.

45 **[0008]** Un recipiente de molienda esencialmente cilíndrico 10 está fijado de forma extraíble a la sección superior 8 del soporte 1. El recipiente cilíndrico de molienda 10 presenta una pared interior 11 y está cerrado por una primera tapa 12 en un extremo orientado hacia la sección superior 8 y por una segunda tapa 13 en el extremo opuesto. Este rodea una sala de molienda 14. Por tanto, la pared interior 11 forma el límite exterior de la cámara de molienda.

50 **[0009]** De forma concéntrica al eje longitudinal central común 15 del recipiente de molienda 10 y del eje de accionamiento 7, está dispuesto un eje agitador 16 conectado al eje de accionamiento 7 sin posibilidad de giro en la cámara de molienda 14. La cámara de molienda 14 está sellada mediante las juntas 17, situadas entre la primera tapa 12 y el eje de accionamiento 7. La combinación del eje de accionamiento 7 y el eje agitador 16 está montada en voladizo, es decir, ya no está montada en la zona de la segunda tapa 13. El eje agitador 16 está provisto, en toda la longitud del eje que discurre en la cámara de molienda 14, de herramientas agitadoras consistentes en discos agitadores circulares 18.

55

**[0010]** Los discos agitadores 18 están conectados al eje agitador 16, donde se fijan de la manera habitual (por ejemplo, mediante una unión de chaveta y ranura que no aparece en la figura) sin posibilidad de giro al eje agitador 16, y están distanciados axialmente entre sí mediante los casquillos distanciadores 19. El eje agitador 16, junto con los casquillos distanciadores 19 y los discos agitadores 18, forman un mecanismo agitador 20. Los

casquillos distanciadores 19 delimitan la cámara de molienda esencialmente cilíndrica 14 por su cara interior, formando un límite interno de la cámara de molienda.

5 **[0011]** Una alimentación de material de molienda 21 entra en la cámara de molienda 14 en la zona de la primera tapa 12. Una salida de material de molienda 22 sale de la segunda tapa 13 por el extremo del recipiente de molienda 1 opuesto a la alimentación de material de molienda 21.

10 **[0012]** En la circunferencia exterior del último disco agitador 18 adyacente a la segunda tapa 13 está dispuesta una jaula cilíndrica 23. Presenta las perforaciones 24 distribuidas por su circunferencia. En la cámara de separación 25, delimitada por el último disco agitador 18 y por la jaula 23, está dispuesto un elemento de criba 26, que está fijado a la segunda tapa 13 y conectado a la salida de material de molienda 22. Estas piezas forman un dispositivo de separación de material de molienda y elementos trituradores 27 que se conoce por el documento EP 2 178 642 A1, en el que el material de molienda (por ejemplo, suspensión de molienda) y los elementos trituradores 33 penetran a través de una abertura 28.

15 **[0013]** Los discos agitadores adyacentes 18 presentan la misma distancia axial  $a$  entre sí. Además, los discos agitadores adyacentes entre sí 18 definen un ángulo de separación  $\alpha$  formado por una línea 29 situada entre el borde exterior 30 de un disco agitador 18 y la base de un disco agitador adyacente 18 en el eje agitador 16, es decir, en el casquillo distanciador correspondiente 19, y por una línea 31 paralela al eje 15. En este caso, se aplica lo  
20 siguiente:  $30^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$ .

**[0014]** La anchura de ranura  $b$  de la ranura anular 32 situada entre el borde exterior 30 y la pared 11 es, como máximo, del 20 % del radio libre  $R_{14}$  de la cámara de molienda 14 entre su límite interno y su límite externo, es decir:  $b \leq 0,2 \cdot R_{14}$ .

25 **[0015]** La cámara de molienda 14 está esencialmente llena de elementos trituradores 33, preferiblemente de elementos trituradores 33 de materiales de densidad relativamente elevada, por ejemplo, de cerámica de alto rendimiento a base de  $ZrO_2$  (dióxido de circonio) con una densidad de sólidos de  $6,0 \text{ g/cm}^3$ . El nivel de llenado de elementos trituradores se encuentra en un intervalo de entre el 50 % y el 90 %, particularmente en un intervalo de  
30 entre el 80 % y el 90 %. La elevada densidad de sólidos de los elementos trituradores 33 en relación con la densidad de la suspensión de molienda es importante para los efectos deseados, es decir, para transportar los elementos trituradores 33 hacia el exterior, hacia la zona compactada por los elementos trituradores, incluso a velocidades de agitación relativamente bajas en la zona de las superficies de los respectivos discos agitadores 18. Las celdas de molienda 34 están formadas entre los discos agitadores adyacentes 18 (véase, por ejemplo, la fig. 4).

35 **[0016]** Los discos agitadores 18 están provistos de perfiles de arrastre 35 (véase, por ejemplo, la fig. 2) para los elementos trituradores 33 integrados en el disco agitador correspondiente 18, es decir, que no sobresalen por encima de su superficie, sino que empiezan directamente en la pared interior de la cámara de molienda, es decir, en los casquillos distanciadores 19. Para que los efectos que se describen a continuación se produzcan de forma  
40 óptima, la anchura  $c$  de los perfiles de arrastre 35 corresponde preferiblemente a entre 0,5 y 1,5 veces el grosor  $d$  de los discos agitadores 18. Es decir, se aplica  $0,5 \cdot d \leq c \leq 1,5 \cdot d$ .

**[0017]** En el ejemplo de realización de las figuras 2 y 3, estos perfiles de arrastre 35 están diseñados como canales planos a modo de ranuras 36 que se solapan en ambas caras del disco agitador 18 correspondiente, de  
45 forma que queda una sección de pared delgada 37 entre los dos, como se aprecia en la fig. 3. El canal 36 correspondiente presenta una pared de arrastre 39 en el sentido de giro 38 del disco agitador 18 que discurre en paralelo al eje longitudinal central 15, que es también el eje longitudinal central 15 del disco agitador 18 correspondiente. Como se aprecia en la fig. 2, este canal 36 presenta una sección de canal interna recta 40 que discurre hacia el exterior en ángulo recto en sentido radial al eje longitudinal central 15, al que se conecta radialmente hacia el exterior una sección de canal externa curvada 41 en dirección contraria al sentido de giro 38 y  
50 que termina a una distancia  $e$  del borde exterior 30 del disco agitador 18. Por lo tanto, la sección de canal externa 41 termina en una zona externa anular 42 del disco agitador 18. De forma ventajosa, la distancia  $e$  o la extensión radial  $e$  de la zona exterior anular circundante 42 es de entre 0,5 y 1,5 veces el grosor  $d$  de los discos agitadores 18. Es decir, se aplica  $0,5 \cdot d \leq e \leq 1,5 \cdot d$ .

55 **[0018]** Como también se aprecia en la fig. 2, los elementos trituradores 33 situados en el canal correspondiente 36 son arrastrados tangencialmente por la pared de arrastre 39 en sentido de giro 38 y, por lo tanto, acelerados por centrifugación. La velocidad tangencial  $y$ , por consiguiente, las aceleraciones centrífugas resultantes dirigidas radialmente hacia el exterior aumentan en sentido radial hacia el exterior, como indica la longitud de las

flechas de velocidad 43, que aumenta en sentido radial hacia el exterior. Debido a la velocidad tangencial comparativamente más baja en las proximidades del eje agitador 16 o del casquillo distanciador 19, se ha demostrado que resulta especialmente eficaz para aumentar la entrada de potencia de la cámara de molienda 14 que la pared 39 que acelera a la velocidad circunferencial local de los elementos trituradores 33 esté orientada en perpendicular al vector de rotación, es decir, al eje longitudinal central 15. Esto se consigue mediante la sección de canal externa recta 40, dispuesta en sentido radial. La velocidad periférica de los elementos triturados 33 provoca la aceleración centrífuga correspondiente.

**[0019]** Según la invención, la sección de canal externa recta 40 presenta una longitud  $f$  que corresponde a entre el 25 % y el 60 %, preferiblemente entre el 30 % y el 50 %, del radio libre  $R18$  del disco agitador 18 desde el casquillo distanciador 19 hasta el borde exterior 30. Es decir, se aplica  $0,25 \cdot R18 \leq f \leq 0,6 \cdot R18$  y preferiblemente,  $0,3 \cdot R18 \leq f \leq 0,5 \cdot R18$ . Se ha demostrado que una sección radial 40 del perfil de arrastre 35 que se proyecta mucho más allá del 60 % del radio libre  $R18$  del disco agitador 18 provoca turbulencias desfavorables de los elementos trituradores 33 que no pueden aprovecharse para el proceso de molienda.

**[0020]** El diseño curvado hacia atrás en dirección contraria al sentido de giro 38 de la sección de canal 41 y, en particular, de su pared de arrastre 39, que actúa como superficie de arrastre, provoca, además de la aceleración centrífuga debida a la velocidad periférica local, un arrastre tangencial radial de los elementos trituradores 33, que están en contacto con la pared 39. Estos son impulsados hacia el exterior en unión casi positiva. El componente de arrastre radial aumenta ventajosamente de forma continua hacia el exterior. Para conseguir un proceso de molienda de bajo consumo energético, se ha demostrado que resulta particularmente ventajoso que el radio de curvatura  $r41$  sea inferior al 40 % del radio  $r18$  del disco agitador 18. Cabe señalar que el canal 36, y en particular la sección del canal 41, termina en toda su anchura  $c$  en el extremo exterior. La pared de arrastre 39 se convierte, con un radio de transición muy pequeño  $r41/42$ , es decir, casi en ángulo agudo, en el límite externo de la sección de canal 41 concéntrica al borde exterior 30 del disco agitador 18, que está formado por la zona externa anular 42. De forma ventajosa, el radio de transición  $r41/42$  debe ser inferior al 20 % de la anchura  $c$  del perfil de arrastre 35. Es decir, se aplica:  $r41/42 \leq 0,2 \cdot c$ . Por tanto, en la configuración según la invención, la pared de arrastre 39 ejerce sobre los elementos trituradores 33 exclusivamente aceleraciones dirigidas hacia el exterior hasta su extremo exterior. Esta configuración ha demostrado ser particularmente beneficiosa para la formación de flujos circulares no perturbados, es decir, de flujos trenzados 44 (véase, por ejemplo, la fig. 4), evitando remolinos secundarios en las celdas de molienda 34, lo que, a su vez, es un requisito para un funcionamiento eficiente a niveles elevados de llenado de elementos trituradores.

**[0021]** Como se aprecia en la fig. 4, en las celdas de molienda individuales 34 se forman flujos circulares dobles, los denominados flujos trenzados 44. En este caso, los elementos trituradores 33 y el material de molienda a tratar, es decir, la suspensión de molienda, fluyen hacia el exterior en la zona de un disco agitador 18 debido a las aceleraciones tangenciales hacia el exterior en dirección a la pared interna 11 que delimita el exterior de la cámara de molienda 14 causadas por los discos agitadores 18 y, posteriormente, hacia la zona central axial de la celda de molienda 34, desde donde vuelven hacia el interior del eje agitador 16. El disco agitador 18 actúa, casi como un dispositivo deflector, radialmente por ambas caras en el exterior de los perfiles de arrastre 35 diseñados como canales a modo de ranuras 36. Esta zona externa 42 del disco agitador 18, en la que este presenta el mismo grosor que en la zona del casquillo distanciador 19, provoca un despliegue y un cambio de dirección de la mezcla acelerada hacia el exterior, compuesta por los elementos trituradores 33 y el material de molienda. El lado orientado aguas arriba (en relación con la dirección de flujo total 45 del molino de bolas con mecanismo agitador) de la zona externa 42 del disco agitador correspondiente 18 desvía la mezcla de elementos trituradores y material de molienda aguas arriba. Esta acción sobre los elementos trituradores 33, opuesta a la dirección de flujo total 45, significa que, incluso a un mayor nivel de llenado de elementos trituradores y a la velocidad de flujo habitual de la suspensión de molienda, estos no sean transportadas por esta última a la celda de molienda posterior 34. Con ello se consigue una distribución uniforme de los elementos trituradores por toda la cámara de molienda 14. En cambio, el lado orientado aguas abajo de la zona externa 42 del disco agitador 18 que delimita la celda de molienda 34 provoca la desviación correspondiente en dirección aguas abajo. La suspensión de molienda fluye a través del espacio anular de la ranura 32, con un número menor de elementos trituradores debido al efecto de la configuración según la invención de los discos agitadores 18 y es aspirada hacia la celda de molienda situada aguas abajo 34 por el flujo circular 44. Como se aprecia en la fig. 4, las secciones de canal externas 41 situadas en la transición hacia la zona exterior 42 pueden estar provistas de un bisel guía 46 para favorecer las desviaciones correspondientes.

**[0022]** Para describir el ejemplo de realización de las figuras 5 a 7, se utilizan los mismos números de referencia para las piezas idénticas y para las piezas comparables, se utilizan los mismos números de referencia seguidos de una  $a$ , sin necesidad de realizar una nueva descripción detallada de cada una de ellas. El disco agitador

18a de las figuras 5 y 6 se diferencia del disco agitador 18 de las figuras 2 y 3 en que los canales 36a no están diseñados como ranuras con una sección de pared 37 separadora entre sí, sino que están diseñados como perfil de arrastre 35a con hendiduras continuas con una pared 39 que va de superficie a superficie de un disco agitador 18a. El mecanismo de acción se corresponde esencialmente con el del ejemplo de realización de las figuras 2 a 4. La superficie considerablemente ampliada de la pared aceleradora 39 de los elementos trituradores 33 debido a la eliminación de la pared intermedia 37 provoca a un aumento adicional del consumo de energía del molino de bolas con mecanismo agitador y permite una entrada de potencia constante incluso a una velocidad reducida del mecanismo agitador. Naturalmente, debido a los canales 36a diseñados como hendiduras continuas con las secciones de canal correspondientes 40a y 41a, el material de molienda puede pasar directamente de una celda de molienda 34 a una celda de molienda 34 adyacente aguas arriba. El grado en el que se produce este efecto básicamente no deseado depende de los parámetros de funcionamiento seleccionados, en particular del caudal por unidad de tiempo de la suspensión de molienda y del nivel de llenado de los elementos trituradores. También aquí se aprecia en la fig. 7, al igual que en la fig. 4, que la concentración de elementos trituradores disminuye considerablemente en dirección al eje agitador 16 y aumenta considerablemente en dirección a la pared 11.

15

**[0023]** También son posibles configuraciones mixtas entre canales cerrados a modo de ranuras y canales continuos diseñados como hendiduras, que ofrecen ventajas adicionales a efectos del concepto de la invención.

**[0024]** Para describir el ejemplo de realización de las figuras 8 y 9, se utilizan los mismos números de referencia para las piezas idénticas y para las piezas comparables, se utilizan los mismos números de referencia seguidos de una b, sin necesidad de realizar una nueva descripción detallada de cada una de ellas. En el disco agitador 18b de las figuras 8 y 9, la sección de pared 37b que separa los dos canales 36b mutuamente congruentes está perforada, por ejemplo, a lo largo de la sección de canal recta 40b, mientras que la sección de pared 37b sigue estando presente en la sección de canal externa curvada en sentido radial 41 a modo de ranura que discurre en dirección contraria al sentido de giro 38. Esta configuración tiene la ventaja de que el efecto de arrastre sobre los elementos trituradores 33 se intensifica, gracias a la eliminación de la pared de separación, en la zona de menor velocidad periférica, es decir, precisamente donde resulta particularmente necesario. En cambio, en la zona exterior más rica en elementos trituradores situada en el área de la sección de canal curvada 41, la sección de pared de separación 37b impide el paso incontrolado de la suspensión de molienda y de los elementos trituradores 33 de una celda de molienda 34 a una adyacente. Esta medida sirve para estrechar la distribución de tamaños de las partículas y, con ello, para aumentar la calidad y eficiencia de molienda. Por lo demás, se aplican las realizaciones anteriores al mecanismo de acción.

**[0025]** En el ejemplo de realización de las figuras 10 y 11, también se utilizan los números de referencia de las figuras 2 a 3, siempre que las piezas sean idénticas. Para las piezas similares, se utilizan los mismos números de referencia de las figuras 2 y 3 seguidos de una c. Por tanto, no hay necesidad de realizar una nueva descripción detallada de cada una de las piezas. En las secciones de pared cerradas 37c de los canales a modo de ranuras 36c del disco agitador 18c de las figuras 10 y 11, están dispuestas, en posición directamente adyacente al eje agitador 16, es decir, al casquillo distanciador 19, las aberturas de paso del material de molienda 47, a través de las cuales, debido a la baja concentración de elementos trituradores 33 adyacentes al eje agitador 16, solo pasa esencialmente material de molienda de una celda de molienda 34 a una celda de molienda 34 adyacente en la dirección total de flujo 45. Para la relación entre la extensión radial R47, es decir, la extensión de las aberturas de paso del material de molienda 47 desde el límite interno de la cámara de molienda en dirección radial del disco agitador 18c y la extensión radial R18 de los discos agitadores 18c desde el límite interno de la cámara de molienda, es decir, los casquillos distanciadores 19, hasta el borde exterior 30, se aplica lo siguiente:  $0,05 \cdot R18 \leq R47 \leq 0,25 \cdot R18$ . Se aplica preferiblemente:  $R47 \leq 0,20 \cdot R18$  y muy preferiblemente:  $R47 \leq 0,15 \cdot R18$ .

**[0026]** Las aberturas de paso del material de molienda 47 están dispuestas solo en el entorno inmediato del casquillo distanciador 19 (límite interno de la cámara de molienda). Por «en el entorno inmediato», deberá entenderse o bien, que el límite radial interno de las aberturas de paso del material de molienda 47 es adyacente al casquillo distanciador 19 o bien, que el límite radial interno de las aberturas de paso del material de molienda está dispuesto a poca distancia radial del casquillo distanciador 19, de modo que, por lo general, esta distancia es igual a cero (adyacente) o puede ser de hasta aproximadamente una décima parte de la extensión radial R18 de los discos agitadores 18c y 18b ( $\leq 0,1 \cdot R18$ ).

55

**[0027]** [Debido a la muy baja resistencia al flujo presente en este caso, a diferencia de las condiciones presentes en la zona compactada por los elementos trituradores en el área adyacente al borde exterior 30 del disco agitador 18c, esta configuración también es apta para los niveles más elevados de llenado de elementos trituradores y para velocidades de caudal particularmente elevadas, manteniendo al mismo tiempo una distribución uniforme de

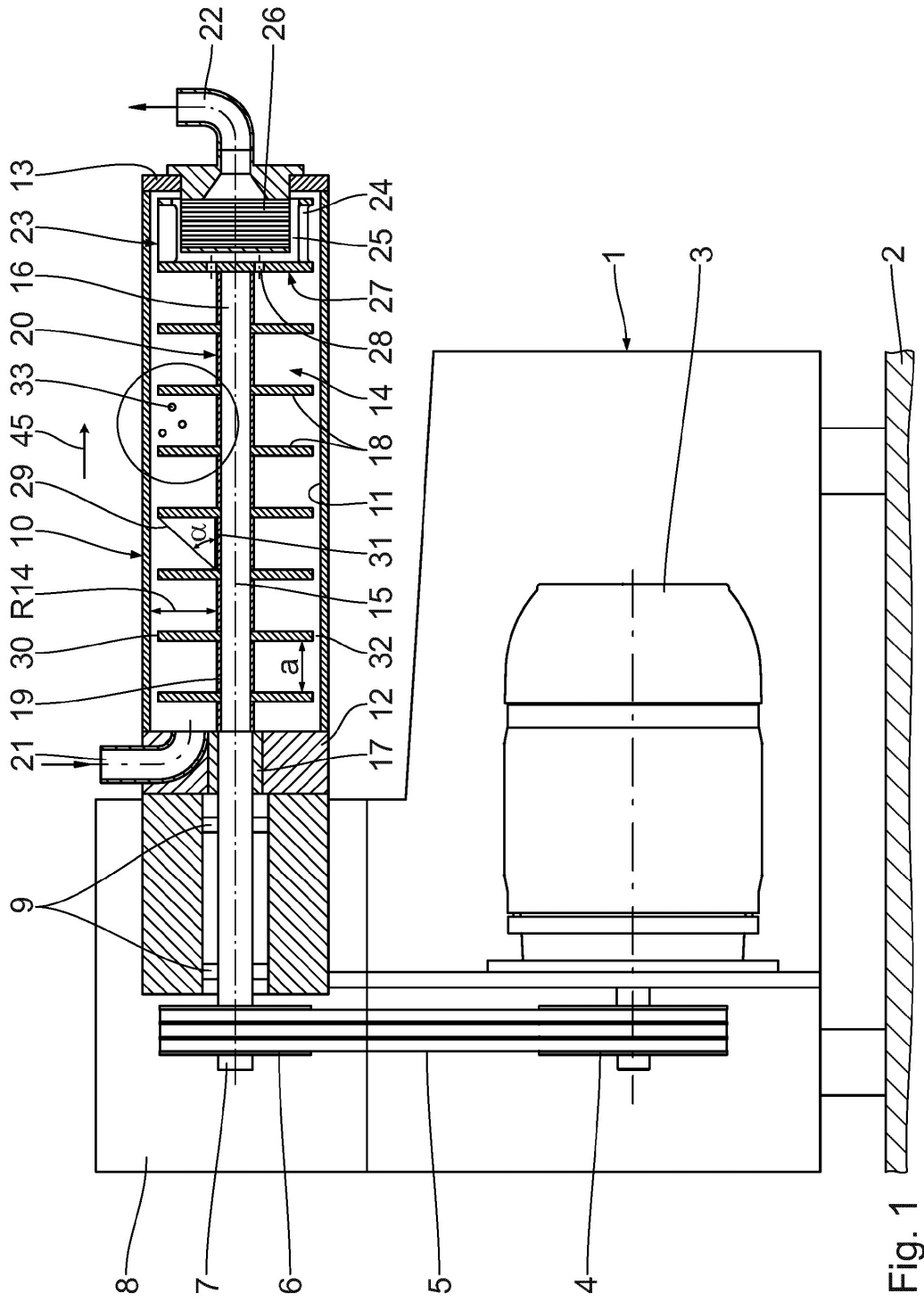
los elementos trituradores a lo largo de la cámara de molienda 14. Es posible conseguir una entrada de potencia elevada incluso a una velocidad reducida del mecanismo agitador. Gracias a la delimitación claramente definida entre las distintas las celdas de molienda 34, se evita por completo el paso incontrolado de la suspensión de molienda de una celda de molienda 34 a una celda de molienda 34 adyacente. Gracias a esta configuración, se consiguen calidades de molienda particularmente elevadas en cuanto a homogeneidad, lo que puede demostrarse por la estrecha distribución del tamaño de las partículas de la suspensión de molienda tratada 15. Por lo demás, también en este caso el mecanismo de acción es el mismo que el anteriormente descrito.

## REIVINDICACIONES

1. Molino de bolas con mecanismo agitador con un recipiente de molienda dispuesto en horizontal (10), que encierra una cámara de molienda cilíndrica (14) con radio libre R14, estando delimitada la cámara de molienda por una pared del recipiente de molienda (11) y por un límite interno de la cámara de molienda, en la que entra una alimentación de material de molienda (21) por un extremo y de la cual sale, por el otro extremo, una salida de material de molienda (22) con un dispositivo de separación de material de molienda y elementos trituradores (27), con un mecanismo agitador (20) dispuesto en la cámara de molienda (14), siendo este mecanismo agitador un eje agitador (16) que puede girar en un sentido de giro (38) y que presenta un eje longitudinal central (15), y discos agitadores (18, 18a, 18b, 18c) fijados sin posibilidad de giro al eje agitador (16) dispuestos a una distancia axial (a) entre sí, en el que los discos agitadores (18, 18a, 18b, 18c) presenta un borde exterior (30) y un grosor d, en el que está formada una ranura (32) con una anchura radial b entre el borde exterior (30) de los discos agitadores (18, 18a, 18b, 18c) y la pared del recipiente de molienda (11), en el que dos discos agitadores mutuamente adyacentes (18, 18a, 18b, 18c) delimitan cada uno una celda de molienda (34), y en el que los discos agitadores (18, 18a, 18b, 18c) presentan un radio libre R18 entre el límite interno de la cámara de molienda y el borde exterior (30), **caracterizado porque** los canales (36, 36a, 36b, 36c) presentan, cada uno con su pared de arrastre (39) en sentido de giro (38), una sección de canal interna (40, 40a, 40b, 40c) que discurre en línea recta y radialmente con respecto al eje longitudinal central (15), con una longitud f, a la que se conecta la sección de canal externa curvada (41, 41a, 41b, 41c) en sentido contrario al de giro (38), relativa al eje longitudinal central (15), en la zona externa radial del canal, **caracterizado porque** cada uno de los canales (36, 36a, 36b, 36c) presenta una sección interna de canal (40, 40a, 40b, 40c) que discurre en línea recta y radialmente con respecto al eje longitudinal central (15), a la que se conecta la sección de canal externa curvada (41, 41a, 41b, 41c) en sentido contrario al de giro (38), y porque las secciones externas de canal (41, 41a, 41b, 41c) están cerradas radialmente hacia el exterior por una zona externa (42) del disco agitador (18, 18a, 18b, 18c) que presenta una anchura radial e.
2. Molino de bolas con mecanismo agitador según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el disco agitador (18, 18a, 18b, 18c) presenta canales (36, 36a, 36b, 36c) formados en ambas caras del disco agitador (18, 18a, 18b, 18c), en el que los canales (36, 36a, 36b, 36c) formados en distintas caras del disco agitador (18, 18a, 18b, 18c) están dispuestos por parejas de forma congruente.
3. Molino de bolas con mecanismo agitador según la reivindicación 2, **caracterizado porque** los canales dispuestos por parejas de forma congruente (36, 36b, 36c) están formados a modo de ranura y separados entre sí por una sección de pared (37, 37b, 37c) del disco agitador (18, 18b, 18c).
4. Molino de bolas con mecanismo agitador según la reivindicación 3, **caracterizado porque** la sección de la pared (37b, 37c) está perforada, en la zona de la sección de canal recta (40b, 40c), por una abertura de paso del material de molienda (47) que presenta una extensión radial R47 en dirección radial del disco agitador (18b, 18c).
5. Molino de bolas con mecanismo agitador según la reivindicación 2, **caracterizado porque** los canales dispuestos por parejas de forma congruente (36a) están conectados entre sí a modo de ranura.
6. Molino de bolas con mecanismo agitador según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** los canales (36, 36a) están provistos, en la transición hacia la zona exterior (42) del disco agitador (18, 18a), de biseles guía (46, 46a) que desvían los elementos trituradores (33) hacia la celda de molienda (34) hacia la que están orientados los canales (36, 36a).
7. Molino de bolas con mecanismo agitador según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** la relación entre la anchura radial b de la ranura (32) y el radio libre R14 de la cámara de molienda (14) es de:  $b \leq 0,2 \cdot R14$ .
8. Molino de bolas con mecanismo agitador según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** la relación entre el grosor d del disco agitador (18, 18a, 18b, 18c) y la anchura radial e de la zona externa (42) del disco agitador (18, 18a, 18b, 18c) es de:  $0,5 \cdot d \leq e \leq 1,5 \cdot d$ .
9. Molino de bolas con mecanismo agitador según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado porque** la relación entre el radio libre R18 del disco agitador (18, 18a, 18b, 18c) y la longitud f de la sección de canal interna que discurre en línea recta (40, 40a, 40b, 40c) es de:  $0,25 \cdot R18 \leq f \leq 0,6 \cdot R18$  y preferiblemente, de  $0,3 \cdot R18 \leq f \leq 0,5 \cdot R18$ .



10. Molino de bolas con mecanismo agitador según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado porque** las secciones de canal externas (41, 41a, 41b, 41c) pasan a la zona externa (42) del disco agitador (18, 18a, 18b, 18c) con un radio de curvatura  $r_{41/42}$ , para el que se aplica lo siguiente en relación con una anchura  $c$  de los canales (36):  $r_{41/42} \leq 0,2 \cdot c$ .
11. Molino de bolas con mecanismo agitador según la reivindicación 4, **caracterizado porque** las aberturas de paso del material de molienda (47) están dispuestas solo en el entorno inmediato del límite interno de la cámara de molienda.
- 10 12. Molino de bolas con mecanismo agitador según la reivindicación 4, **caracterizado porque** la relación entre la extensión radial  $R_{47}$  de la abertura de paso del material de molienda correspondiente (47) y la extensión radial  $R_{18}$  de los discos agitadores (18b, 18c), cada uno desde el límite interno de la cámara de molienda, es de:  $0,05 \cdot R_{18} \leq R_{47} \leq 0,25 \cdot R_{18}$ , preferiblemente, de  $R_{47} \leq 0,20 \cdot R_{18}$  y muy preferiblemente, de  $R_{47} \leq 0,15 \cdot R_{18}$ .
- 15 13. Disco agitador para un molino de bolas con mecanismo agitador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, presentando el disco agitador (18, 18a, 18b, 18c) un borde exterior (30) y un grosor  $d$  y presentado dicho disco agitador (18, 18a, 18b, 18c) perfiles de arrastre (35, 35a, 35b, 35c) para elementos trituradores (33) dispuestos en el interior de los discos agitadores (18, 18a, 18b, 18c), estando formado cada uno de los perfiles de arrastre por una pared de arrastre (39) de los canales (36, 36a, 36b, 36c) formados en el disco agitador, con la pared de arrastre paralela al eje longitudinal central (15), estando formada la pared de arrastre correspondiente por una sección de canal curvada (41, 41a, 41b, 41c) en dirección contraria al sentido de giro (38), relativa al eje longitudinal central (15), en la zona externa radial del canal, **caracterizado porque** cada uno de los canales (36, 36a, 36b, 36c) presenta una sección de canal interna (40, 40a, 40b, 40c) que discurre en línea recta y radialmente con respecto al eje longitudinal central (15), a la que se conecta la sección de canal externa curvada (41, 41a, 41b, 41c) en sentido contrario al de giro (38), y porque las secciones externas de canal (41, 41a, 41b, 41c) están cerradas radialmente hacia el exterior por una zona externa (42) del disco agitador (18, 18a, 18b, 18c) que presenta una anchura radial  $e$ .
- 20 14. Disco agitador según la reivindicación 13, **caracterizado porque** el disco agitador (18, 18a, 18b, 18c) presenta canales (36, 36a, 36b, 36c) formados en ambas caras del disco agitador (18, 18a, 18b, 18c), en el que los canales (36, 36a, 36b, 36c) formados en distintas caras del disco agitador (18, 18a, 18b, 18c) están dispuestos por parejas de forma congruente.
- 25 15. Disco agitador según la reivindicación 13 o 14, **caracterizado porque** los canales (36, 36a) están provistos, en la transición hacia la zona exterior (42), de biseles guía (46, 46a).
- 30
- 35



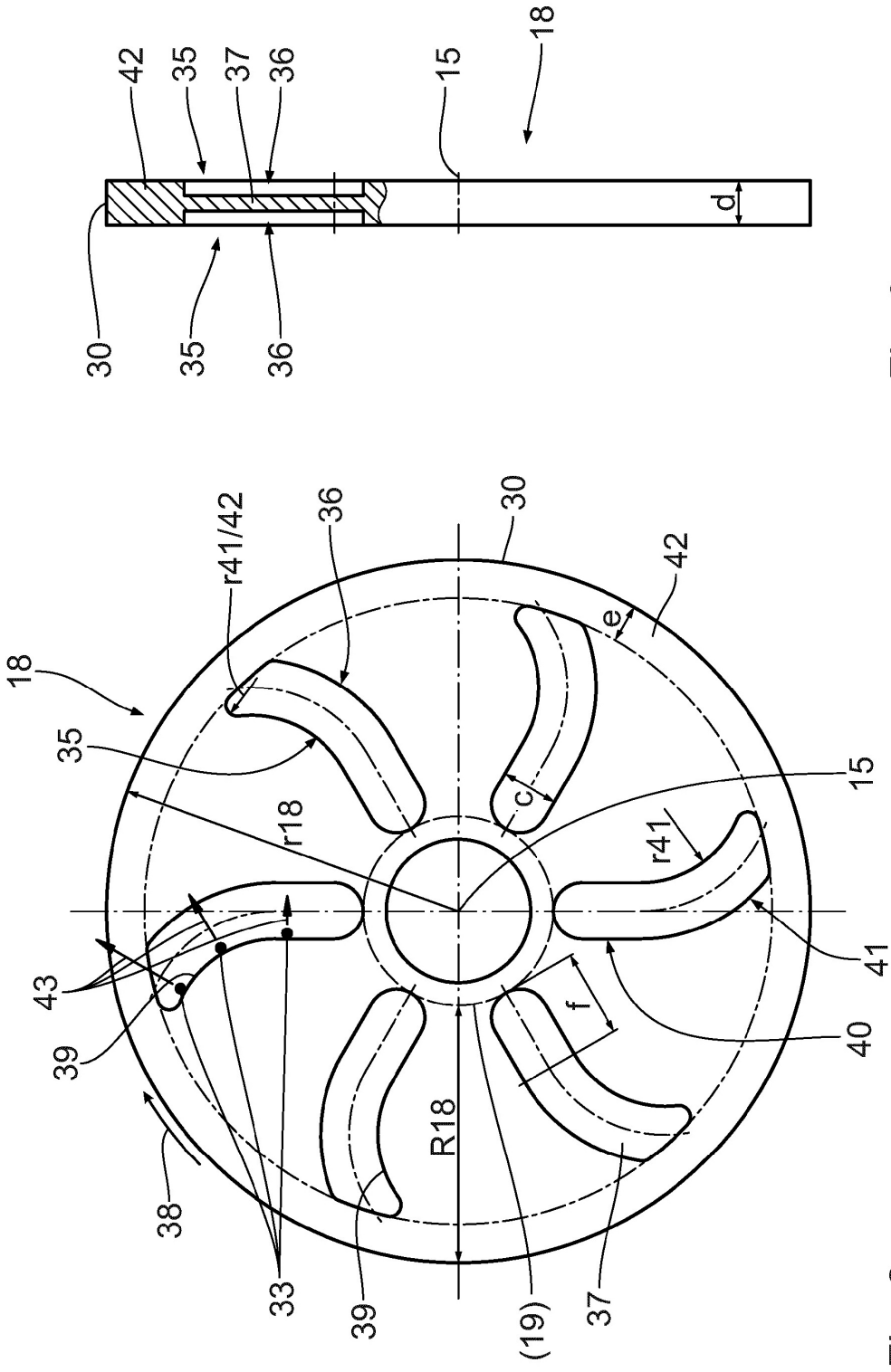


Fig. 3

Fig. 2

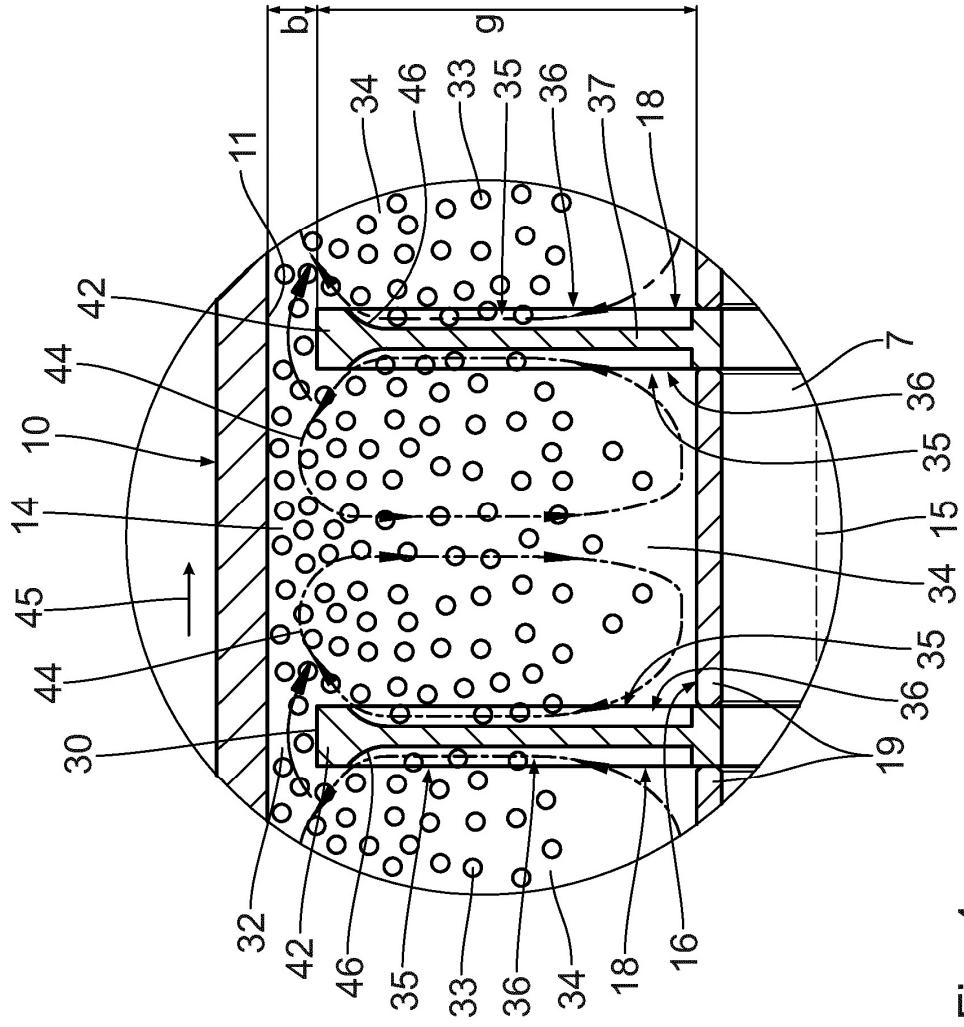


Fig. 4

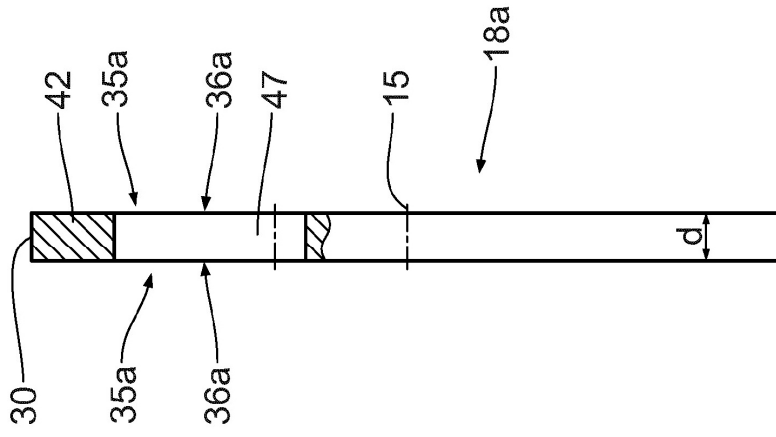


Fig. 6

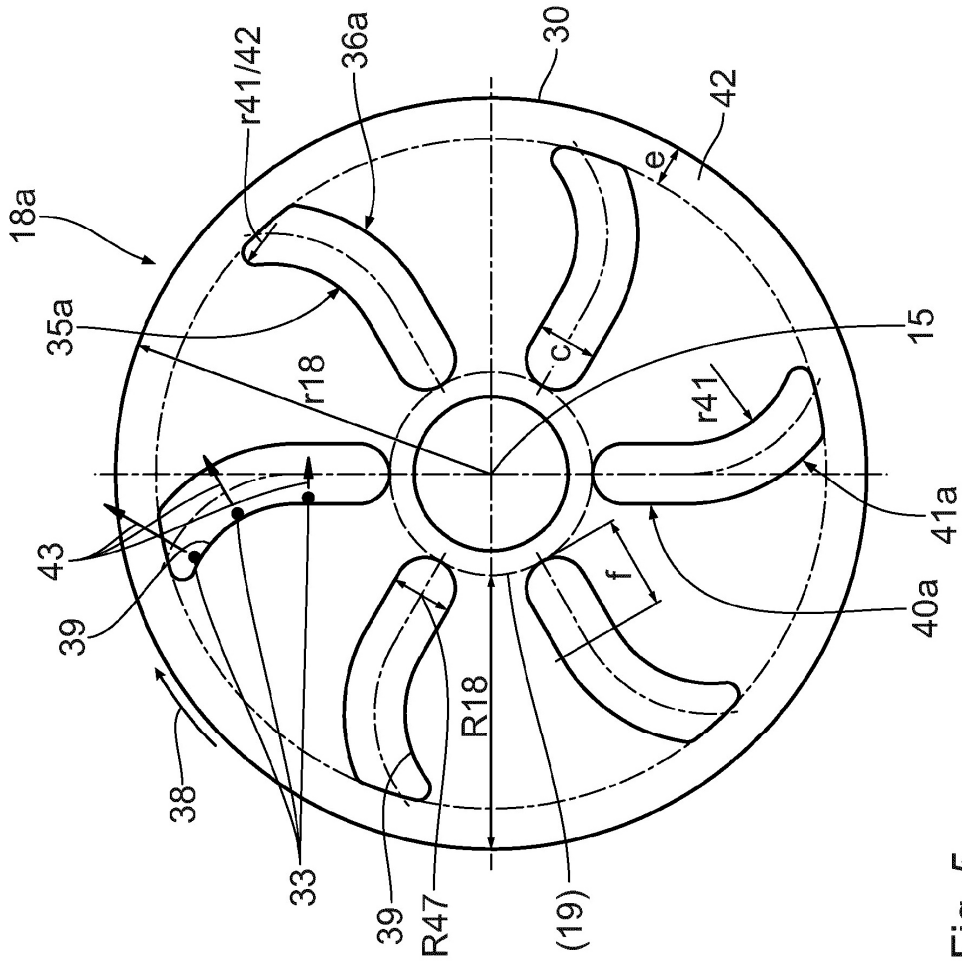


Fig. 5

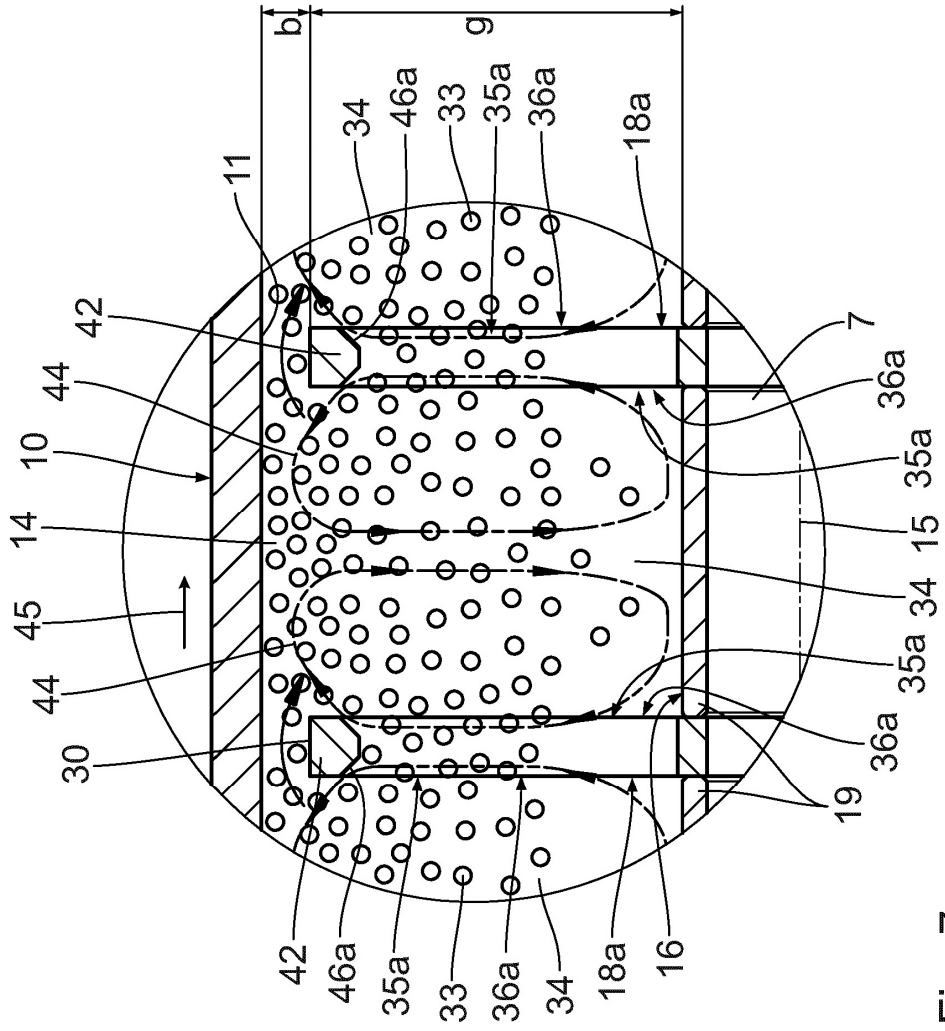


Fig. 7



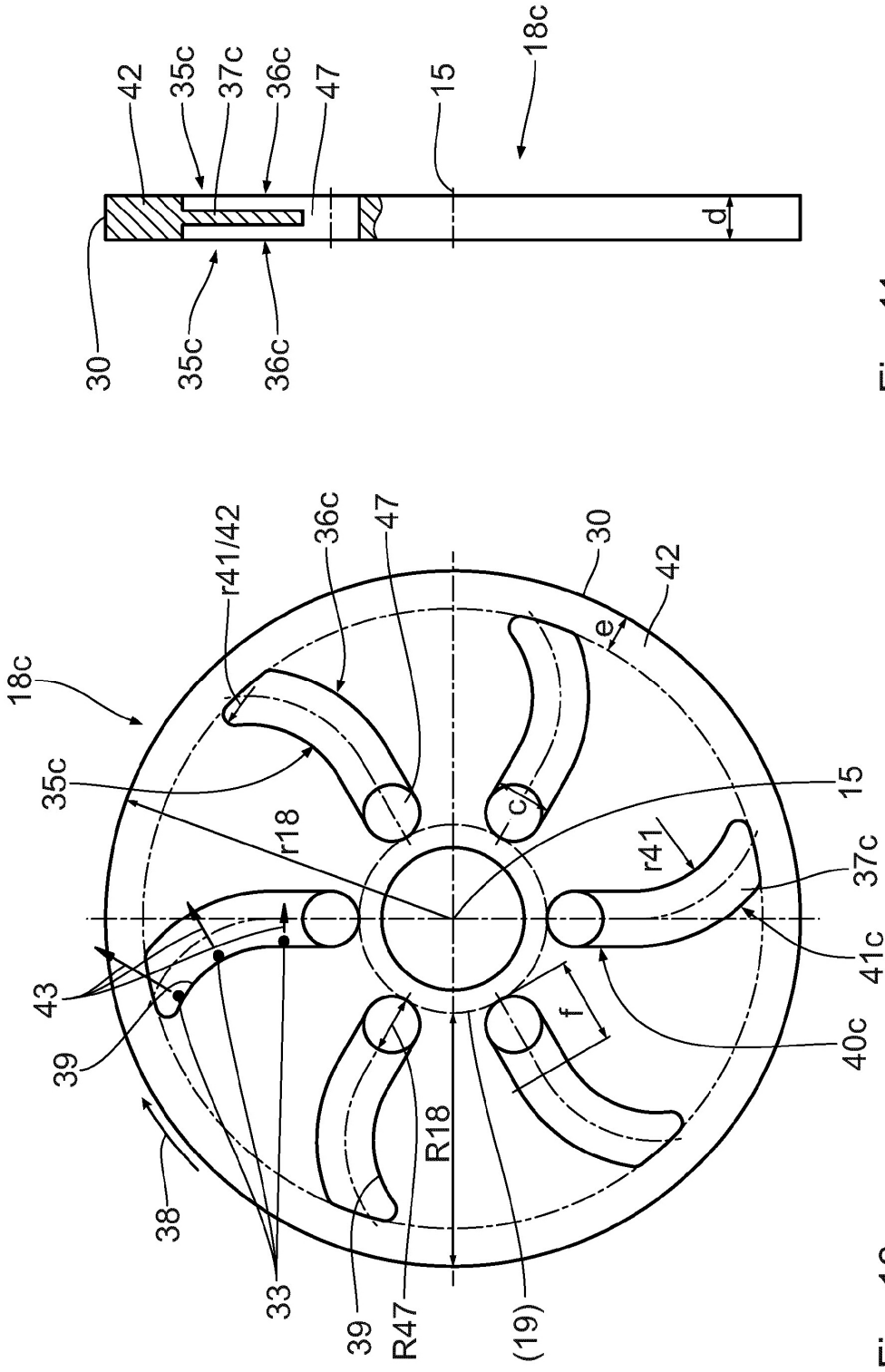


Fig. 11

Fig. 10