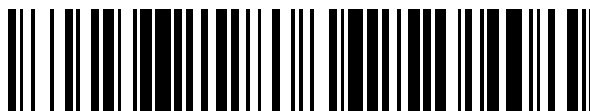


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 738 664**

51 Int. Cl.:

B02C 17/16 (2006.01)

B02C 17/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.02.2017** **E 17000174 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.05.2019** **EP 3357580**

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

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
24.01.2020

73 Titular/es:

NETZSCH-FEINMAHLTECHNIK GMBH (100.0%)
Sedanstrasse 70
95100 Selb, DE

72 Inventor/es:

MÖSCHL, HOLGER

74 Agente/Representante:

LOZANO GANDIA, José

ES 2 738 664 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 con revestimiento cerámico

- 5 La invención se refiere a molinos con mecanismo agitador, en particular a molinos con mecanismo agitador con un recipiente de molienda, cuyo lado interior está compuesto por un material cerámico. Un tal molino con mecanismo agitador se conoce por el documento DE 37 23 558 A1.
- 10 Los molinos con mecanismo agitador, denominados también a menudo molinos de bolas con mecanismo agitador, se utilizan hoy en día a menudo en la industria fabril para triturar finamente materiales y en particular fabricar polvo. El principio de funcionamiento de un molino con mecanismo agitador se basa en que entre el lado interior de un recipiente de molienda y un rotor dispuesto dentro del recipiente de molienda está configurado un intersticio de molienda con forma anular, en el que se encuentra durante el funcionamiento del molino con mecanismo agitador el material a triturar. Accionando el rotor para que gire,
- 15 se somete el material a triturar a esfuerzos en el intersticio de molienda tal que se tritura el mismo, por ejemplo mediante el choque de partículas entre sí, mediante fuerzas de cizalla, etc. Para reforzar el efecto triturador, están dispuestos a menudo en el lado interior del recipiente de molienda y/o en el contorno exterior del rotor resaltes, como por ejemplo levas, barras o similares, que por un lado favorecen que se entremezcle el material a triturar y por otro lado por ejemplo aumentan drásticamente la cantidad de fenómenos de colisión que tienen lugar en el intersticio de molienda, lo cual aumenta el efecto triturador de un molino con mecanismo agitador. Por lo general el intersticio de molienda de un molino con mecanismo agitador está lleno en gran medida con cuerpos auxiliares de molienda, que al menos tienen forma esférica y por lo tanto se denominan también bolas de molienda. En tales molinos de bolas con mecanismo agitador se tritura el material a triturar en particular también mediante la acción de los cuerpos auxiliares de molienda, que se mueven durante el funcionamiento. El recipiente de molienda y el rotor dispuesto en su interior para girar tienen a menudo una forma cilíndrica, pero son posibles y se conocen otras formas, por ejemplo rotores con forma troncocónica y recipientes de molienda configurados adaptados a los mismos.
- 20
- 25 En función del objetivo de trituración a cumplir, debe estar compuesto el recipiente de molienda de un molino con mecanismo agitador interiormente por un material lo más resistente posible al desgaste por fricción y también inerte, que además a menudo debe ser adicionalmente resistente a la temperatura. Para ello se conoce la práctica de dotar el recipiente de molienda de un revestimiento cerámico para la cámara de molienda (véase el documento DE 37 23 558 A1) citado al principio. En particular cuando un molino de bolas con mecanismo agitador tiene un gran volumen para la molienda o se desea una aportación de potencia elevada, existe el problema de una refrigeración suficiente del material a triturar durante el proceso de molienda. Además existe el peligro de que los cuerpos auxiliares de molienda no se entremezclen suficientemente con el producto a triturar y por lo tanto sólo se logre un resultado de molienda insuficiente.
- 30
- 35 La presente invención tiene como objetivo básico indicar un molino con mecanismo agitador que permita una elevada aportación de potencia al moler, sin que a la vez el material a triturar esté sometido a temperaturas excesivas y que además logre resultados de la molienda buenos y uniformes y además reproducibles.
- 40
- 45 Este objetivo se logra según la invención partiendo del estado de la técnica genérico citado al principio estando formado el lado interior del recipiente de molienda mediante un tubo contenedor de una sola pieza y de material cerámico, que tiene una relación entre la altura de cada leva perpendicularmente a la superficie interior del recipiente de molienda y el diámetro interior del recipiente de molienda $\leq 0,05$ y que tiene una relación entre la altura de cada leva perpendicularmente a la superficie interior del recipiente de molienda y la amplitud del intersticio de molienda $\leq 0,35$. Las características descritas dan lugar a que en un molino con mecanismo agitador según la invención las levas y/o resaltes tengan una gran superficie de base en relación con su altura, tanto en cuanto al diámetro interior total del recipiente de molienda como también en cuanto al intersticio de molienda, con lo cual por un lado puede realizarse una mejor refrigeración del material a triturar, porque la gran superficie de base evacúa con mayor efectividad el calor en el recipiente de molienda y por otro lado se reduce claramente la propensión a quebrarse o romperse de las levas y/o resaltes, en particular cuando se trata de material cerámico. La ejecución en una sola pieza del tubo contenedor favorece tanto la estabilidad como también la evacuación del calor, ya que se evitan potenciales puntos de rotura y barreras a la conducción del calor.
- 50
- 55 Según una variante de configuración preferida no se encuentra el tubo contenedor de material cerámico, de una sola pieza, en contacto en su lado del contorno exterior con una cubierta compuesta por ejemplo por acero, sino que está alojado a una distancia radial de otros componentes del molino con mecanismo agitador que protegen o apoyan. De esta manera se evitan tensiones provocadas por distintos coeficientes de dilatación con la temperatura, que pueden repercutir negativamente sobre el tubo contenedor de una sola pieza y de material cerámico. Además, sigue mejorando la evacuación del calor hacia fuera.
- 60
- 65 Con preferencia está compuesto tanto el tubo contenedor como también las levas por carburo de silicio, SiC, o por carburo de silicio con silicio libre, SiSiC. Estos dos materiales cerámicos tienen una gran resistencia al desgaste, baja propensión al termochoque, baja dilatación térmica, una alta conductividad

térmica, una buena resistencia a los ácidos y álcalis y además son ligeros y mantienen sus propiedades positivas hasta temperaturas muy por encima de 1000 °C.

5 Además de las condiciones ya indicadas, se ha comprobado que es ventajoso que cada leva tenga una superficie de unión con el lado interior del recipiente de molienda con la máxima anchura y la relación entre la altura de cada leva perpendicularmente al lado interior del recipiente de molienda y la anchura máxima sea mayor de 0,2. La superficie de unión que acabamos de mencionar corresponde a la superficie de base que describimos bastante más arriba de cada leva y significa aquella superficie con la que cada leva se encuentra en contacto con el lado interior del recipiente de molienda.

10 Además se ha comprobado que es ventajoso que cada leva tenga una superficie de unión con el lado interior del recipiente de molienda con la máxima longitud y que la relación entre la altura de cada leva y la longitud máxima sea inferior a 1.

15 Es igualmente ventajoso que cada leva tenga una superficie de unión con el lado interior del recipiente de molienda con una longitud máxima y una anchura máxima, siendo la relación entre la máxima anchura y la longitud máxima inferior a 1.

20 Las ventajosas variantes de configuración antes citadas pueden utilizarse de por sí o en combinación una con otra y refuerzan en cada caso los ventajosos efectos antes explicados.

25 Para lograr una buena estabilidad de las levas y para lograr un resultado de la molienda uniformemente bueno es ventajoso que cada leva presente una superficie de unión con el lado interior del recipiente de molienda y una superficie de entrada del flujo del lado frontal, siendo la relación entre una proyección de la superficie de entrada del flujo del lado frontal sobre un plano perpendicular al lado interior del recipiente de molienda y el tamaño de la superficie de unión inferior a 1. Entonces puede encontrarse un ángulo de inclinación de la superficie de entrada del flujo del lado frontal respecto al plano perpendicular al lado interior del recipiente de molienda en una gama de -45° a 85°. Un ángulo de 0° corresponde entonces a una superficie de entrada del flujo dispuesta perpendicular al lado interior del recipiente de molienda y por el contrario ángulos con signo negativo designan superficies de entrada del flujo desalineadas, es decir, superficies de entrada del flujo que están inclinadas tal que las mismas prácticamente cubren una determinada zona del lado interior del recipiente de molienda. En consecuencia, ángulos de inclinación con signo positivo caracterizan superficies de entrada del flujo del lado frontal que están inclinadas a la inversa, es decir, en las que el extremo de la superficie de entrada del flujo que se encuentra en el lado interior del recipiente de molienda es el primero que recorre el flujo.

35 Básicamente es ventajoso prever una pluralidad de levas en el lado interior del recipiente de molienda, para favorecer la interacción que se desea con el material a triturar. Entonces puede presentar el recipiente de molienda en su lado interior también zonas sin levas, o bien puede tener en algunas zonas más levas y en otras zonas menos levas. Además no tienen que ser iguales todas las levas, sino que pueden estar dispuestas en distintas formas y distintos tamaños en distintas zonas.

40 En el sentido del objetivo que se pretende, puede ser ventajoso que en la dirección periférica del lado interior del recipiente de molienda estén dispuestas varias levas una tras otra en una hilera a lo largo de una línea periférica y que una distancia entre levas consecutivas en dirección periférica sea igual o mayor que la máxima longitud de una leva.

45 Cuando está dispuesta una pluralidad de levas a lo largo de varias líneas periféricas distanciadas entre sí en la dirección axial, en cada caso una tras otra en una hilera, es ventajosa una distancia axial en cada caso entre dos hileras de levas axialmente contiguas mayor que o igual a 1,1 veces la anchura máxima de una leva. Cuando existen levas distanciadas entre sí en dirección axial en el lado interior del recipiente de molienda, entonces pueden estar dispuestas esas levas alineadas axialmente o también decaladas una respecto a otra.

50 Finalmente, puede ser ventajoso disponer algunas o todas las levas, vistas en planta, bajo un ángulo respecto a la correspondiente línea periférica, encontrándose ese ángulo con preferencia en una gama de -22,5° a 22,5°, referido a la correspondiente línea periférica dispuesta a un ángulo de 0°.

55 Para reforzar aún más las interacciones deseadas para la trituración, puede estar dotado también el rotor, de manera conocida, de resaltes que sobresalen radialmente hacia fuera, por ejemplo en forma de barras agitadoras. Estos resaltes y la superficie del rotor pueden estar compuestos igualmente por material cerámico, en particular por carburo de silicio o por carburo de silicio con silicio libre. Los resaltes o barras agitadoras del rotor pueden introducirse o no cuando gira el rotor en los huecos existentes axialmente entre levas o hileras de levas. En el primer caso se habla de que las barras agitadoras se solapan con las levas, es decir, el diámetro exterior de las barras agitadoras es mayor que un diámetro interior de las levas. Por el contrario se habla de barras agitadoras o resaltes que no se solapan cuando las barras agitadoras son demasiado cortas para introducirse en los espacios intermedios axiales entre levas o hileras de levas.

5 Cuando están previstos resaltes en el lado interior del recipiente de molienda y además resaltes en la superficie periférica exterior del rotor, entonces son ventajosamente los resaltes (levas) del lado interior del recipiente de molienda más pequeños que los resaltes (barras agitadoras) sobre el rotor o bien el eje del agitador. En el marco de la presente descripción se denominan, para diferenciarlos más fácilmente entre sí, levavos los resaltes existentes en el lado interior del recipiente de molienda y barras agitadoras los resaltes existentes sobre el rotor o del eje del agitador. No obstante, esta denominación elegida para lograr una sencilla diferenciación no implica ninguna significación diferente, es decir, tanto las levavos como también las barras agitadoras son resaltes, cuya forma no queda limitada por la denominación elegida. Tanto los resaltes del lado interior del recipiente de molienda como también los resaltes del rotor o del eje del agitador pueden tener cualquier forma, tamaño y disposición adecuados para lograr un resultado de molienda deseado.

10 Para mejor comprensión de la invención, se describirán a continuación más en detalle variantes de configuración preferidas de un molino con mecanismo agitador según la invención en base a las adjuntas figuras esquemáticas. Se muestra en:

- 15 figura 1 una representación esquemática de un molino con mecanismo agitador según la invención en sección axial;
- 20 figura 2 una representación espacial de un extremo de un tubo contenedor, de una sola pieza, que constituye un lado interior del recipiente de molienda, sobre el que están dispuestas levavos según una primera forma de ejecución;
- figura 3 una vista lateral de una de las levavos de la figura 2;
- figura 4 una vista similar a la de la figura 2, pero con levavos en el lado interior del recipiente de molienda, según una segunda forma de ejecución;
- 25 figura 5 una vista similar a la de la figura 4, pero con levavos en el lado interior del recipiente de molienda, según una tercera forma de ejecución;
- figura 6 una vista similar a la de la figura 4, pero con levavos en el lado interior del recipiente de molienda, según una cuarta forma de ejecución;
- figura 7 una vista similar a la de la figura 4, pero con levavos en el lado interior del recipiente de molienda, según una quinta forma de ejecución;
- 30 figura 8 una vista similar a la de la figura 4, pero con levavos en el lado interior del recipiente de molienda, según una sexta forma de ejecución;
- figura 9 una vista de detalle de un segmento del intersticio de molienda con levavos en el lado interior del recipiente de molienda según la segunda forma de ejecución y barras agitadoras en el rotor en configuración sin solape y
- 35 figura 10 una vista similar a la de la figura 9, pero con levavos en el lado interior del recipiente de molienda según la quinta forma de ejecución y barras agitadoras en el rotor, en disposición con solape.

40 La figura 1 muestra un molino con mecanismo agitador designado en general con 10, con un recipiente de molienda 12, aquí cilíndrico, cuya delimitación periférica está formada por un tubo contenedor 14 de material cerámico, de una sola pieza, cuyo eje central longitudinal X es a la vez el eje a lo largo del que se extiende el recipiente de molienda 12. El tubo contenedor 14 y con ello el recipiente de molienda 12 tiene un diámetro interior d y está alojado, de forma no representada más en detalle, entre dos bridas frontales 16,18, que limitan axialmente el recipiente de molienda 12.

45 En el recipiente de molienda 12 está dispuesto un rotor 20, apoyado tal que puede girar alrededor del eje X, que a menudo se denomina también eje del agitador. El rotor 20 puede ponerse a girar mediante un accionamiento, no mostrado aquí, del molino con mecanismo agitador 10 y se extiende en el ejemplo de ejecución representado por casi toda la longitud del recipiente de molienda 12, pero puede ser en otras formas de ejecución también bastante más corto que el recipiente de molienda. Para simplificar se representa en la figura 1 sólo la mitad del molino con mecanismo agitador 10, pero se entiende que la otra mitad no representada en la figura 1 es simétrica especularmente respecto al eje X.

50 Para proteger el tubo contenedor 14 de material cerámico, que reacciona sensiblemente a los choques, existe en su lado periférico exterior, a una distancia radial del tubo contenedor 14, una envolvente 22 en forma de un tubo de acero cilíndrico de paredes delgadas, que es sustentado por dos bridas 24, 26 frontales, con forma anular, que se apoyan a su vez axialmente, tal como se representa, en las bridas 16, 18. Si se desea o es necesario, el espacio anular 15 existente entre la envolvente 22 y el tubo contenedor 14 puede ser recorrido por un líquido refrigerante o calentador.

55 Entre un lado interior del recipiente de molienda 28 formado por el tubo contenedor 14 y una superficie 30 del rotor 20 orientada a este lado interior del recipiente de molienda, está formado un intersticio de molienda 32 con una amplitud del intersticio de molienda MS. El intersticio de molienda 32 se extiende entre las citadas superficies con forma de anillo alrededor del eje X y durante el funcionamiento del molino con mecanismo agitador 10 está lleno, al menos casi por completo, con material a triturar y dado el caso con cuerpos auxiliares de molienda (no se representa), con lo que cuando gira el rotor 20 tiene lugar en el intersticio de molienda 32 una molienda del material a triturar.

Para intensificar el proceso de molienda en el intersticio de molienda 32, existen en el lado interior del recipiente de molienda 28 varios resaltes que penetran radialmente hacia dentro, que aquí se denominan levas 34 y que se extienden con una altura h perpendicularmente al lado interior del recipiente de molienda 28 radialmente hacia dentro por el intersticio de molienda 32 o bien el recipiente de molienda 12. Estas levas pueden estar constituidas formando una sola pieza con el tubo contenedor 14 o bien estar fijadas posteriormente al lado interior del recipiente de molienda 28 de forma adecuada. Además está dotado también el rotor 20 de resaltes que sobresalen radialmente hacia fuera de su superficie periférica 30, que en el ejemplo de ejecución mostrado se denominan barras agitadoras 36, debido a su forma de barras. Estas barras agitadoras 36 tienen una altura H medida en perpendicular a la superficie 30 y pueden, al igual que las levas 34, estar constituidas bien formando una sola pieza con el rotor 20 o bien estar fijadas posteriormente de manera adecuada al rotor 20.

La figura 2 muestra una representación espacial de un extremo del tubo contenedor 14 de una sola pieza de material cerámico, cuando está desmontado del molino con mecanismo agitador 10. Puede observarse claramente que sobre el lado interior del recipiente de molienda 28 está dispuesta una pluralidad de levas 34 a lo largo de varias líneas periféricas U (una línea periférica U se muestra modo de ejemplo en la figura 2) distanciadas entre sí en la dirección axial X del lado interior del recipiente de molienda, en cada caso una tras otra en una hilera. La distancia entre dos hileras de levas contiguas axialmente se denomina a y por el contrario la distancia entre dos levas 34 consecutivas a lo largo de una línea periférica en la dirección periférica, A . En el ejemplo de realización representado en la figura 2 están distanciadas todas las levas 34 en dirección periférica a la misma distancia A una de otra, siendo la distancia axial a entre dos hileras de levas en cada caso igual para todas las hileras de levas y las levas 34 consecutivas en dirección axial están alineadas en cada caso entre sí. En ejemplos de ejecución no mostrados pueden no obstante estar dispuestas las levas de dos hileras de levas contiguas axialmente decaladas entre sí y/o puede variar la distancia A en dirección periférica, también dentro de una única hilera de levas. Además no es necesario que la distancia axial a sea la misma para todas las hileras de levas, sino que puede elegirse diferente, para aumentar o reducir por ejemplo una densidad de levas en determinados segmentos del lado interior del recipiente de molienda 28.

Cada leva 34 se caracteriza por determinados parámetros, cuya altura máxima h medida en perpendicular al lado interior del recipiente de molienda 28 se ha citado antes. La máxima altura h de las levas 34 se ha elegido en la forma de ejecución mostrada en la figura 2 tal que resulta una disposición con solape con las barras agitadoras 36, es decir, resulta $MS - H < h$. En una tal disposición, que se denomina "con solape", se introducen en consecuencia los segmentos extremos libres de las barras agitadoras 36 en los huecos existentes entre las hileras de levas distanciadas axialmente entre sí. En la figura 10 se muestra este estado, si bien con otra forma de levas.

Cada leva 34 se apoya por su superficie de base o de unión F_{zy1} sobre el lado interior del recipiente de molienda 28. Para mayor claridad, se representa en la figura 2 rayada la superficie de unión F_{zy1} de una leva 34. La máxima anchura de esta superficie de unión F_{zy1} se designa con B y por el contrario la máxima longitud de la extensión de la unión F_{zy1} con L . En la figura 2 tiene la anchura de la superficie de unión F_{zy1} , en toda la longitud L de la superficie de unión F_{zy1} , el valor de la máxima anchura B , pero esto puede ser diferente en otras formas de ejecución. Por ejemplo, puede presentarse la máxima anchura B sólo en un punto de la extensión longitudinal de una leva 34, o sólo en una determinada zona. Se entiende que, debido al curvado cilíndrico del lado interior del recipiente de molienda 28, la superficie de unión F_{zy1} de una leva 34 es igualmente una superficie curvada cilíndricamente y que la longitud L , así como la distancia A pueden indicarse en radianes.

Además tiene cada leva 34 una superficie de entrada del flujo 38 en el lado frontal, que en la leva 34 representada en la figura 2 tiene más pendiente que una superficie de salida del flujo 40, inclinada plana a modo de rampa, dispuesta en la leva 34 en el lado opuesto a la superficie de entrada del flujo 38. Un ángulo de inclinación α que puede verse en la figura 3 de la superficie de entrada del flujo 38 del lado frontal, puede encontrarse respecto a una perpendicular al plano que se encuentra en el lado interior del recipiente de molienda en una gama de $-45^\circ < \alpha \leq 85^\circ$. Un ángulo $\alpha = 0^\circ$ corresponde entonces a una superficie de entrada del flujo 38 que discurre perpendicularmente al lado interior del recipiente de molienda 28. Un ángulo $\alpha > 0^\circ$ corresponde a una inclinación de la superficie de entrada del flujo 38 del lado frontal, tal como se representa en la figura 2 y en la que se toma primeramente contacto con un borde inferior de la superficie de entrada del flujo 38 del medio entrante, dispuesto en el lado interior del recipiente de molienda 28. Por el contrario, un ángulo $\alpha < 0^\circ$ significa que un borde radialmente superior de la superficie de entrada del flujo 38 del lado frontal precede al borde inferior antes descrito, es decir, una superficie de entrada del flujo 38 del lado frontal inclinada en tal medida origina la configuración de una leva 34 destalonada por el lado de entrada del flujo.

Cuando tal como se representa en las figuras 2 y 3 la superficie de entrada del flujo 38 del lado frontal tiene más pendiente que la superficie de salida del flujo 40, esto da lugar durante el funcionamiento del molino con mecanismo agitador 10 a un frenado reforzado de partículas y cuerpos auxiliares de molienda que se encuentran en las proximidades del lado interior del recipiente de molienda 28, lo cual da lugar en particular a que se evite una concentración de cuerpos auxiliares de molienda en las proximidades del lado interior

ES 2 738 664 T3

- 5 del recipiente de molienda 28, porque mediante el frenado de los cuerpos auxiliares de molienda éstos se conducen de nuevo radialmente hacia dentro del intersticio de molienda 32 y con ello se entremezclan mejor con el material a triturar. Desde luego también puede resultar ventajoso a veces, en función del objetivo de trituración a lograr, que la superficie de entrada del flujo 38 del lado frontal tenga una inclinación más plana que la superficie de salida del flujo 40.
- 10 No obstante, independientemente del resto de la configuración de una leva 34, es válido para todas las levas 34 que la relación entre la máxima altura h de la leva 34 y el diámetro interior d del recipiente de molienda es $\leq 0,05$, es decir, $h/d \leq 0,05$. Igualmente es válido para todas las levas 34 que la relación entre la máxima altura h de cada leva 34 y la amplitud del intersticio de molienda MS es $\leq 0,35$, es decir, $h/MS \leq 0,35$.
- 15 Es ventajoso además que para todas las levas 34 la relación entre la máxima altura h de cada leva 34 y la máxima anchura B de la superficie de unión F_{zy1} sea mayor de 0,2, es decir, $h/B > 0,2$.
- Es ventajoso además que para todas las levas 34 la relación entre la máxima altura h de cada leva 34 y la máxima longitud L de la superficie de unión F_{zy1} sea inferior a 1, es decir, $h/L < 1$.
- 20 Es especialmente ventajoso que para todas las levas 34 la relación entre la máxima anchura B y la máxima longitud L de la superficie de unión F_{zy1} sea inferior a 1, es decir, $B/L < 1$.
- 25 Si tal como se representa en la figura 2 están dispuestas varias levas 34 consecutivamente a lo largo de una línea periférica U , entonces es ventajoso que la distancia A entre en cada caso dos levas 34 consecutivas en dirección periférica sea al menos tan grande como la máxima longitud L de una leva 34 o bien de su superficie de unión F_{zy1} .
- 30 Si finalmente, tal como muestra igualmente la figura 2, está dispuesta una pluralidad de levas 34 a lo largo de varias líneas periféricas distanciadas entre sí en dirección axial, en cada caso en una hilera, entonces es ventajosamente una distancia axial a entre en cada caso dos hileras de levas contiguas axialmente al menos 1,1 veces la anchura máxima B de una leva 34 o bien de su superficie de unión F_{zy1} .
- 35 Tal como se indica en la figura 2 mediante el ángulo β , no tienen que extenderse las levas 34 en su longitud forzosamente sobre una línea periférica, sino que pueden estar dispuestas inclinadas respecto a una línea periférica del lado interior del recipiente de molienda 28 bajo el ángulo β , encontrándose este ángulo β con preferencia en una gama de $-22,5^\circ \leq \beta \leq 22,5^\circ$.
- 40 En todas las formas de ejecución del molino con mecanismo agitador 10 según la presente invención, está compuesto el tubo contenedor 14 de una sola pieza con preferencia por carburo de silicio o por carburo de silicio con silicio libre, estando compuestas las levas 34 entonces ventajosamente por el mismo material.
- 45 En las figuras 4 a 8 se representan diversas formas de ejecución de levas 34, que están montadas en el lado interior del recipiente.
- La figura 4 muestra levas 34a similares a las levas 34 representadas en la figura 2, pero encontrándose en las levas 34a la superficie de entrada del flujo 38a del lado frontal exactamente perpendicular al lado interior del recipiente de molienda 28 y siendo la máxima altura h claramente menor, con lo que los segmentos extremos de las barras agitadoras 36 no se introducen en los huecos existentes entre las hileras de levas, es decir, es $MS - H > h$. Este estado se muestra en la figura 9.
- 50 La figura 5 muestra levas 34b con una forma similar a la de las levas 34 de la figura 2, pero teniendo en las levas 34b la superficie de entrada del flujo 38b del lado frontal una forma abombada a modo de álabe.
- 55 La figura 6 muestra levas 34c, cuya altura h es constante por toda la longitud L (despreciando las diferencias de altura debidas a la superficie de unión F_{zy1} curvada). Tanto la superficie de entrada del flujo 38c del lado frontal como también la superficie de salida del flujo 40c están dispuestas bajo un ángulo de $\alpha = 0$ respecto al lado interior del recipiente de molienda 28, pero desde luego no se encuentran formando un ángulo recto con la correspondiente línea periférica, sino que están inclinadas bajo un ángulo γ respecto a la misma, estando inclinada la superficie de entrada del flujo 38c bajo el mismo ángulo γ , pero en sentido contrario a la superficie de salida del flujo 40c. Al ser la altura h inferior en su totalidad, no se solapa la configuración de levas mostrada en la figura 6 con las barras agitadoras 36.
- 60 La figura 7 muestra levas 34d con una superficie de entrada del flujo 38d del lado frontal ligeramente inclinada, similarmente a en la figura 2, que no obstante a diferencia de la figura 2 discurre en punta a modo de cuña. La superficie de salida del flujo 40d posterior está realizada por el contrario redondeada y tiene una inclinación cuya magnitud corresponde aproximadamente a la de la superficie de entrada del flujo 38d. Al ser mayor la altura h , se trata aquí de una configuración de levas que se solapa con las barras agitadoras 36. Tal como se representa, en esta forma de ejecución están dispuestas todas las levas 34d bajo el mismo ángulo β respecto a una línea periférica U del lado interior del recipiente de molienda 28.
- 65

- 5 Finalmente, la figura 8 muestra levas 34e con una forma correspondiente a la de las levas de la figura 7, que no obstante, a diferencia de la figura 7, están dispuestas a la inversa, es decir, la superficie frontal redondeada de la leva es aquí la superficie de entrada del flujo 38e y la superficie frontal en punta a modo de cuña de la leva es la superficie de salida del flujo 40e. Como diferencia adicional respecto a la figura 7, están dispuestas todas las levas 34e en cada caso a lo largo de una línea periférica y no oblicuamente respecto a la misma.
- 10 La figura 9 muestra en base a una leva 34a de la figura 4 y a una barra agitadora 36, una configuración que no se solapa de levas y barras agitadoras, es decir, las barras agitadoras 36 no se introducen, debido a la pequeña altura h de las levas, en los huecos existentes entre las hileras de levas.
- 15 Por el contrario la figura 10 muestra, en base a una leva 34d de la figura 7 y a una barra agitadora 36, una configuración con solape de levas y barras agitadoras, es decir, la altura h de las levas es tan grande que en la vista de proyección lateral de la figura 10 el extremo libre de la barra agitadora 36 se solapa con las levas 34d, lo cual no significa otra cosa que durante el funcionamiento del molino con mecanismo agitador las barras agitadoras 36 penetran en los huecos existentes entre las hileras de levas distanciadas entre sí axialmente.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Molino de bolas con mecanismo agitador (10) con
- un recipiente de molienda (12), cuyo lado interior (28) está compuesto por un material cerámico, extendiéndose el recipiente de molienda (12) a lo largo de un eje (X) y teniendo un diámetro interior (d),
 - 10 - un rotor (20) dispuesto dentro del recipiente de molienda (12), que puede accionarse para que gire alrededor del eje (X), con una superficie (30) orientada al lado interior del recipiente de molienda (12), estando configurado entre la superficie (30) del rotor (20) y el lado interior del recipiente de molienda (12) un intersticio de molienda (32) con una amplitud del intersticio de molienda (MS),
 - varias levas (34), que están montadas en el lado interior (28) del recipiente de molienda (12) y que se extienden desde el lado interior del recipiente de molienda radialmente hacia dentro, con una
 - 15 altura (h) en perpendicular al lado interior del recipiente de molienda,
- caracterizado porque**
- el lado interior del recipiente de molienda (12) está formado por un tubo contenedor (14) de una sola pieza de material cerámico,
 - 20 - la relación entre la altura (h) de cada leva (34) y el diámetro interior (d) del recipiente de molienda (12) es $\leq 0,05$ y
 - la relación entre la altura (h) de cada leva (34) y la amplitud del intersticio de molienda (MS) es $\leq 0,35$.
- 25 2. Molino de bolas con mecanismo agitador según la reivindicación 1,
caracterizado porque el tubo contenedor (14) y las levas (34) están compuestos por carburo de silicio (SiC), o por carburo de silicio con silicio libre (SiSiC).
- 30 3. Molino de bolas con mecanismo agitador según la reivindicación 1 ó 2,
caracterizado porque cada leva (34) tiene una superficie de unión (F_{zy1}) con el lado interior del recipiente de molienda (28) con la máxima anchura (B) y la relación entre la altura (h) de cada leva (34) y la anchura máxima (B) es mayor de 0,2.
- 35 4. Molino de bolas con mecanismo agitador según una de las reivindicaciones 1 a 3,
caracterizado porque cada leva (34) tiene una superficie de unión (F_{zy1}) con el lado interior del recipiente de molienda (28) con la máxima longitud (L) y la relación entre la altura (h) de cada leva (34) y la longitud máxima (L) es inferior a 1.
- 40 5. Molino de bolas con mecanismo agitador según una de las reivindicaciones precedentes,
caracterizado porque cada leva (34) tiene una superficie de unión (F_{zy1}) con el lado interior del recipiente de molienda (28) con una longitud máxima (L) y una anchura máxima (B), siendo la relación entre la anchura máxima (B) y la longitud máxima (L) inferior a 1.
- 45 6. Molino de bolas con mecanismo agitador según una de las reivindicaciones precedentes,
caracterizado porque cada leva (34) presenta una superficie de unión (F_{zy1}) con el lado interior del recipiente de molienda (28) y una superficie de entrada del flujo (38) del lado frontal, siendo una relación entre una proyección (F_u) de la superficie de entrada del flujo (38) del lado frontal sobre un plano perpendicular al lado interior del recipiente de molienda y la superficie de unión (F_{zy1}) inferior a 1.
- 50 7. Molino de bolas con mecanismo agitador según la reivindicación 6,
caracterizado porque un ángulo de inclinación (α) de la superficie de entrada del flujo (38) del lado frontal respecto al plano perpendicular al lado interior del recipiente de molienda se encuentra en una gama de $-45^\circ < \alpha < 85^\circ$ y cuando es el ángulo $\alpha > 0^\circ$, el flujo entrante de medio toma contacto primeramente con un borde inferior de la superficie de entrada del flujo (38) del lado frontal dispuesto en el lado interior del recipiente de molienda (28) y cuando es el ángulo $\alpha < 0^\circ$, un borde radialmente superior de la superficie de entrada del flujo (38) del lado frontal precede al borde inferior antes citado.
- 55 8. Molino de bolas con mecanismo agitador según una de las reivindicaciones 4 a 7,
caracterizado porque en la dirección periférica del lado interior del recipiente de molienda están dispuestas varias levas (34) una tras otra en una hilera a lo largo de una línea periférica y una distancia (A) entre levas (34) consecutivas en dirección periférica es \geq que la máxima longitud (L) de una leva (34).
- 60 9. Molino de bolas con mecanismo agitador según una de las reivindicaciones 3 a 8,
caracterizado porque está dispuesta una pluralidad de levas (34) a lo largo de varias líneas periféricas distanciadas entre sí en la dirección axial (X) consecutivamente en una hilera y porque una distancia axial (a) entre en cada caso dos hileras de levas axialmente contiguas es mayor que o igual a 1,1 veces la anchura máxima (B) de una leva (34).
- 65

10. Molino de bolas con mecanismo agitador según la reivindicación 8 ó 9,
caracterizado porque algunas o todas las levas (34), vistas en planta, están dispuestas bajo un ángulo (β) respecto a la correspondiente línea periférica, encontrándose el ángulo (β) con preferencia en una gama de $-22,5^\circ \leq \beta \leq 22,5^\circ$.

5

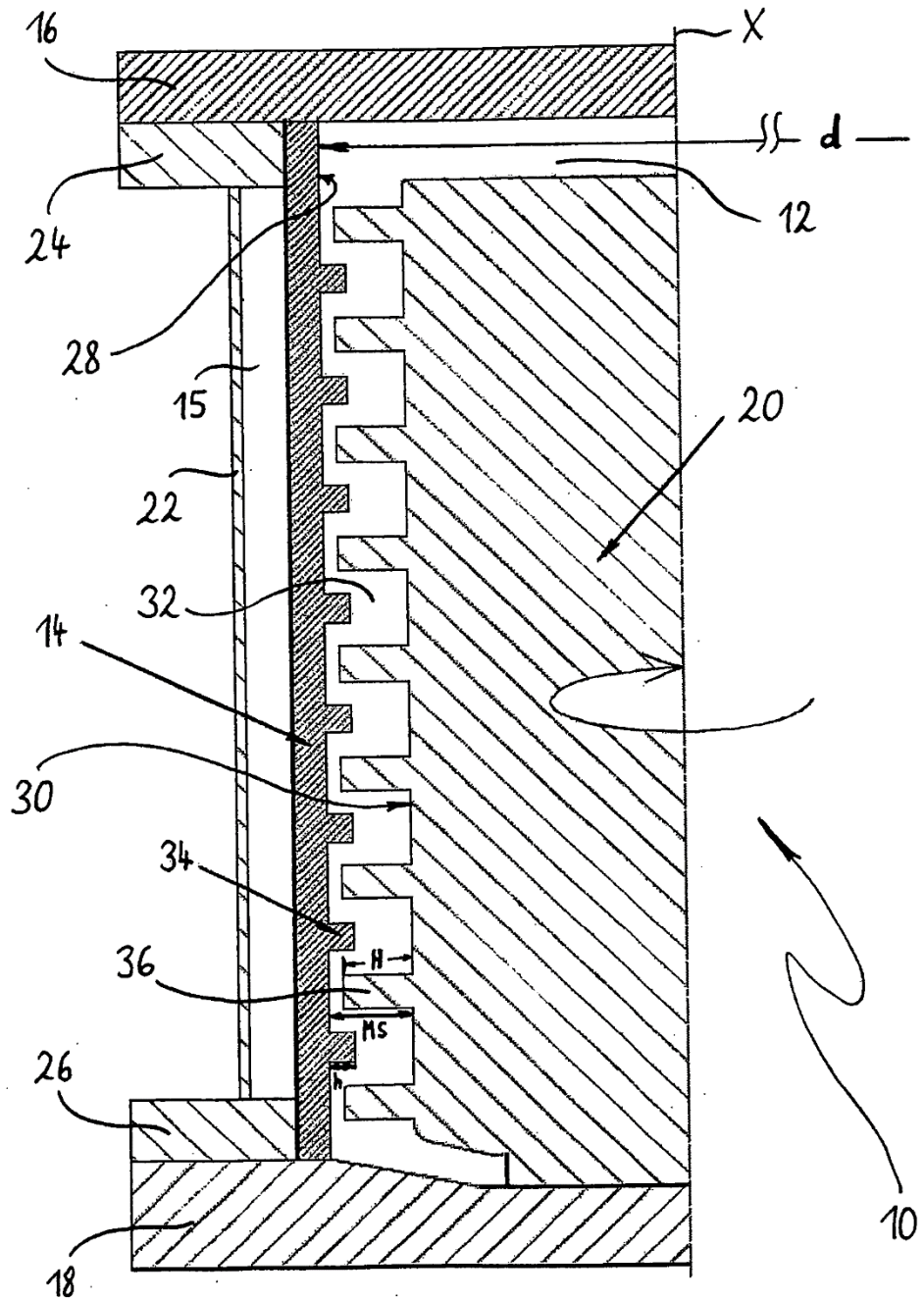


Fig. 1

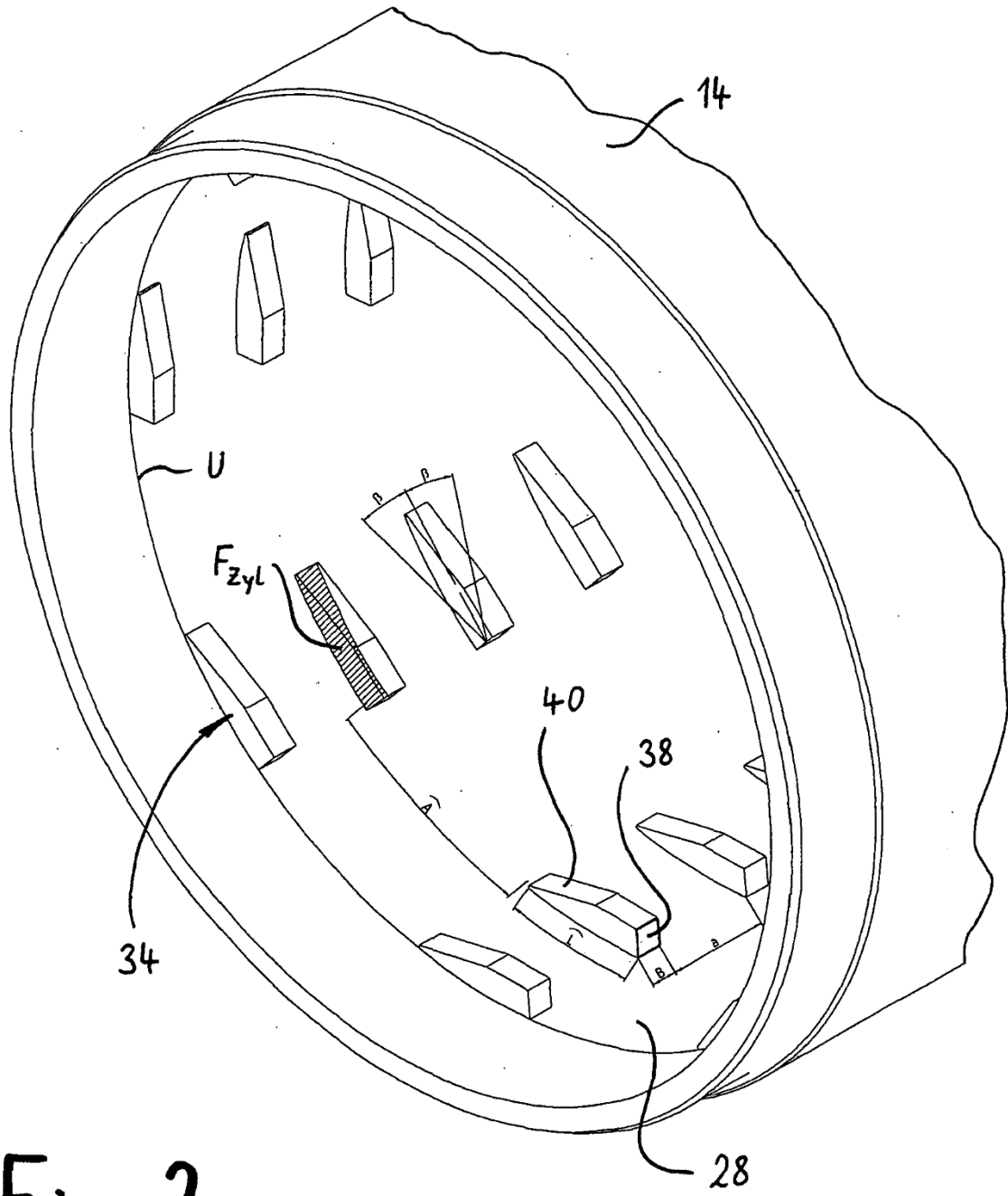


Fig. 2

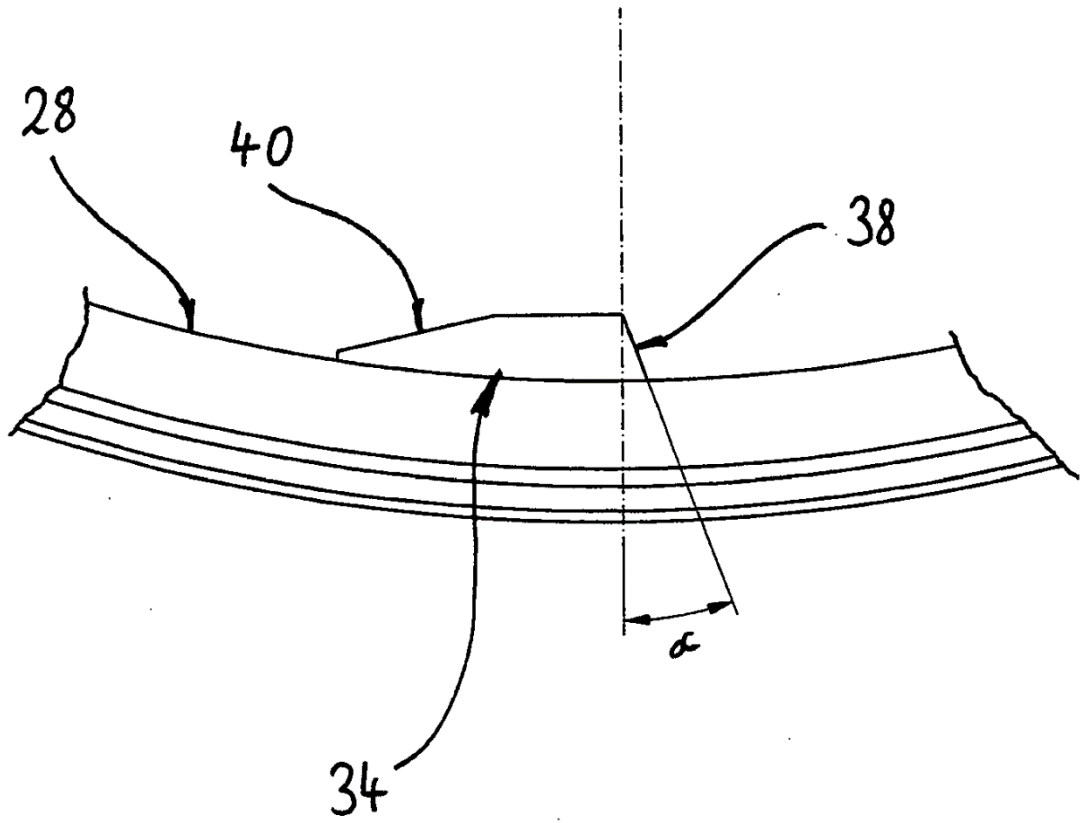


Fig. 3

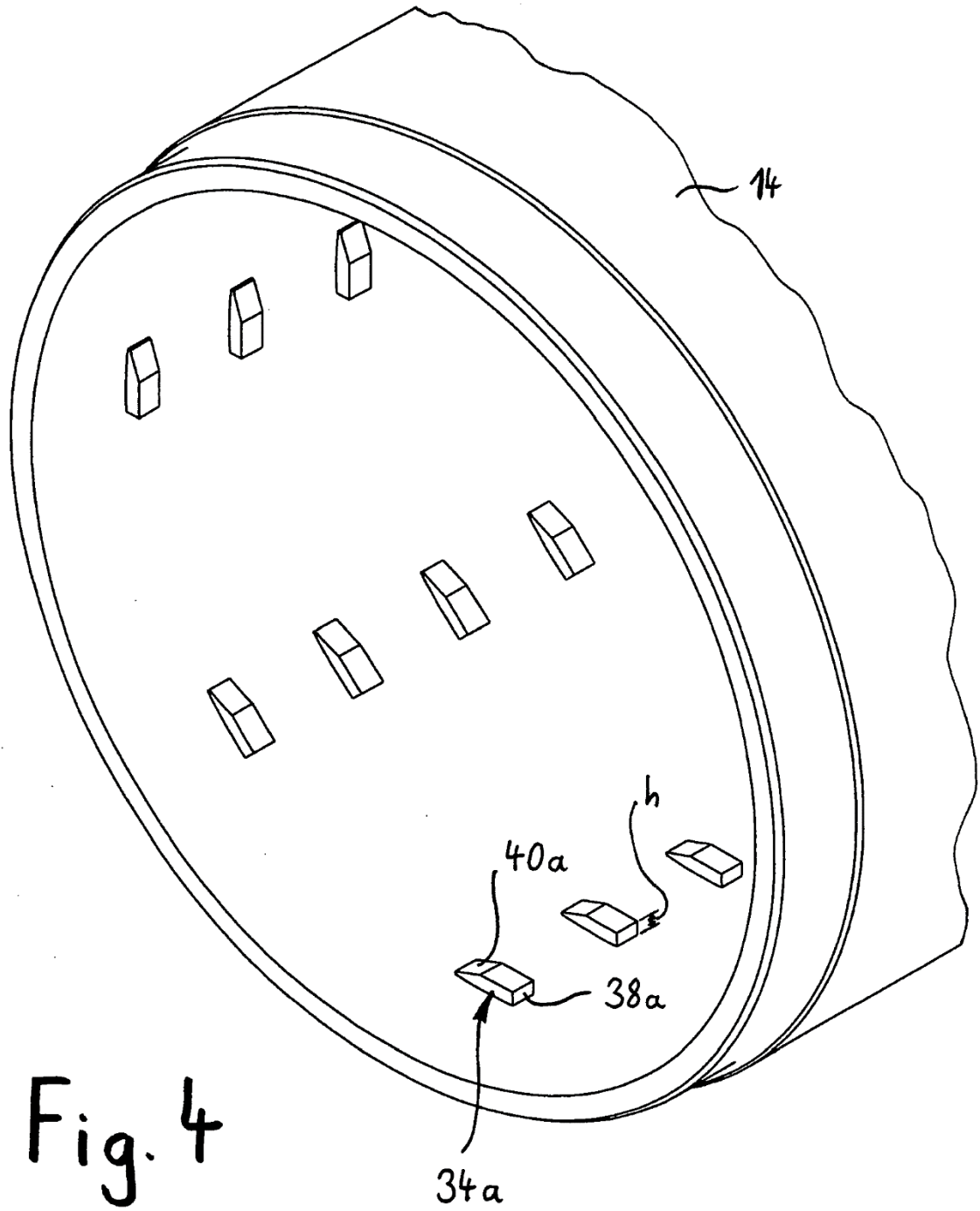


Fig. 4

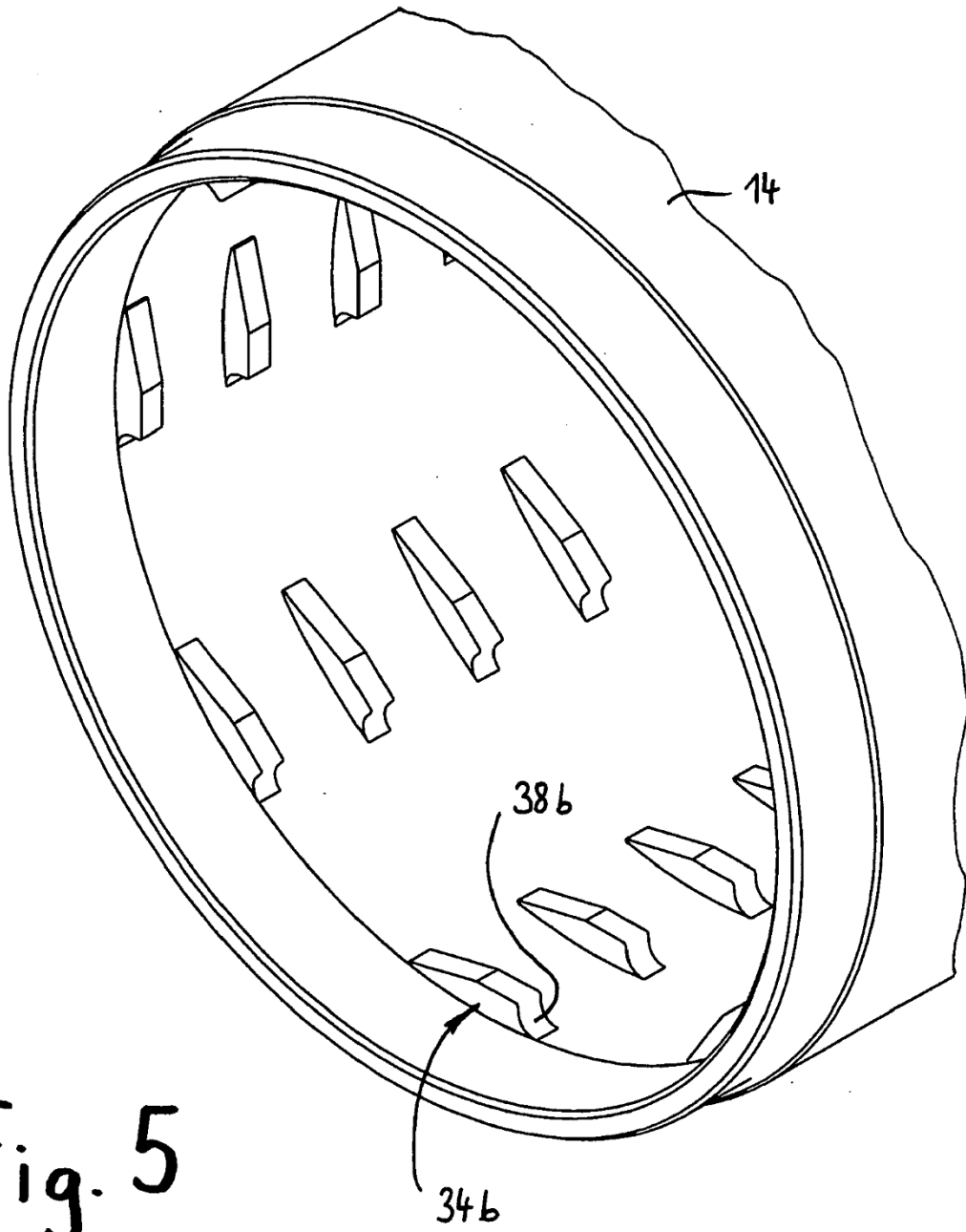


Fig. 5

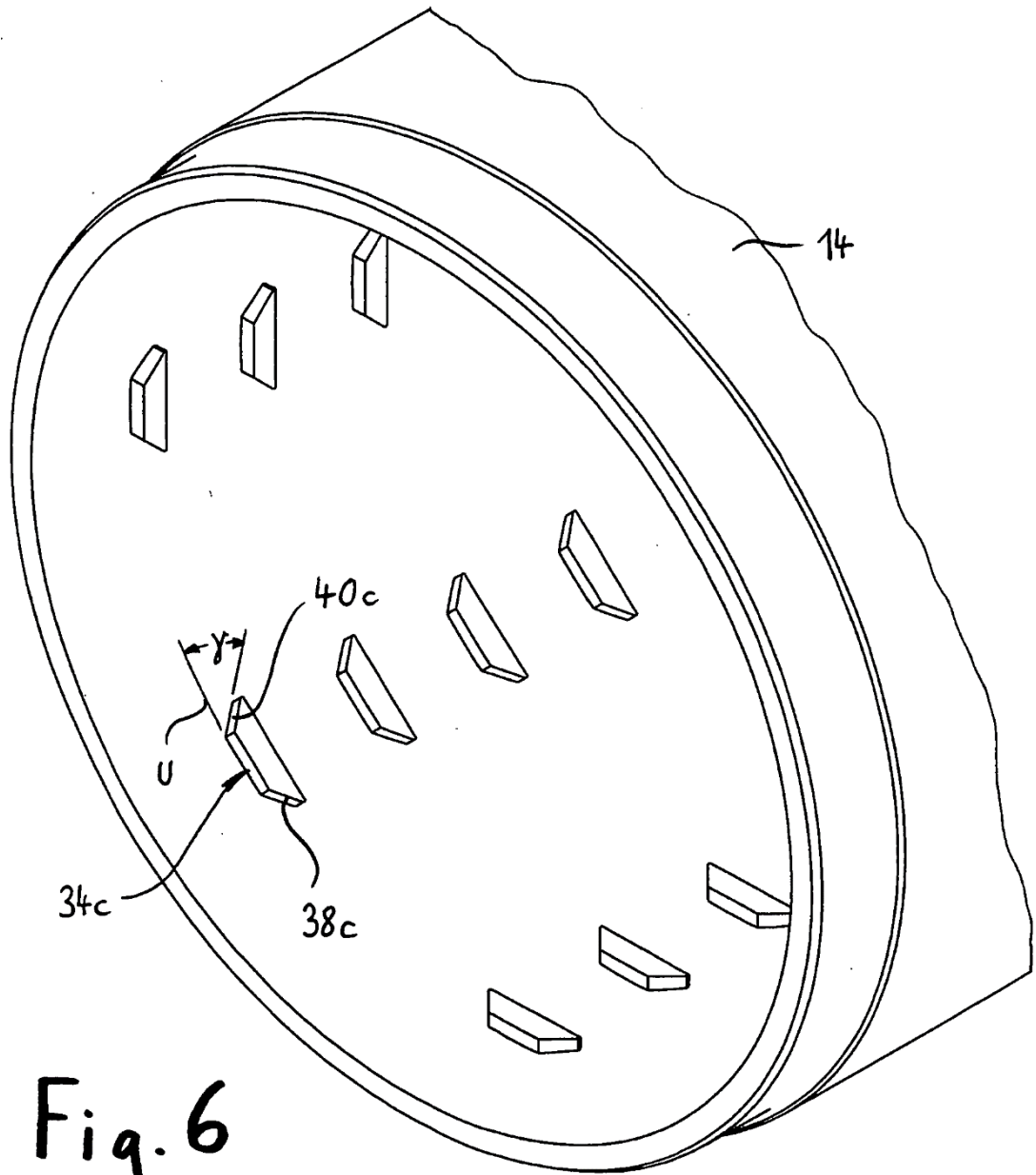


Fig. 6

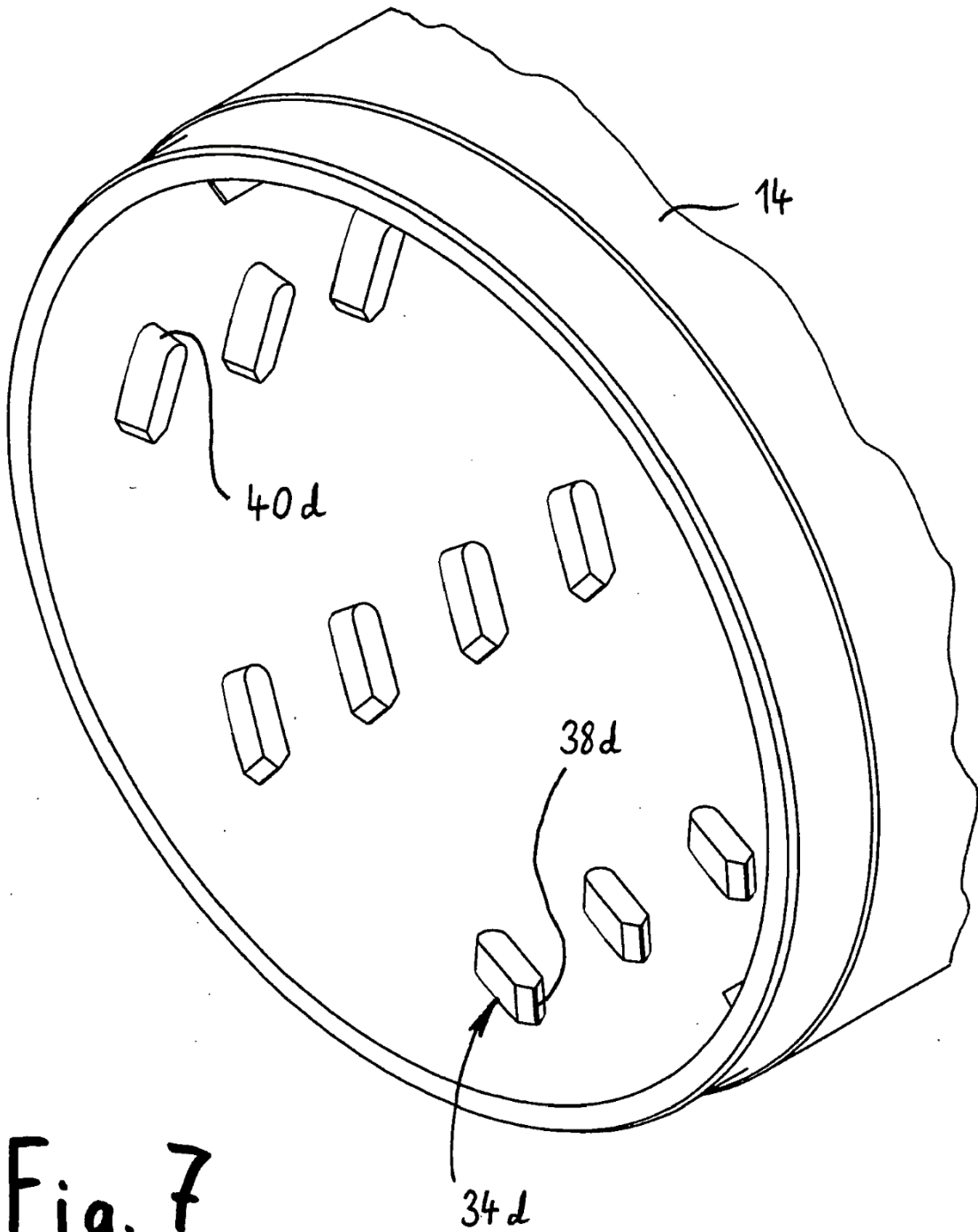


Fig. 7

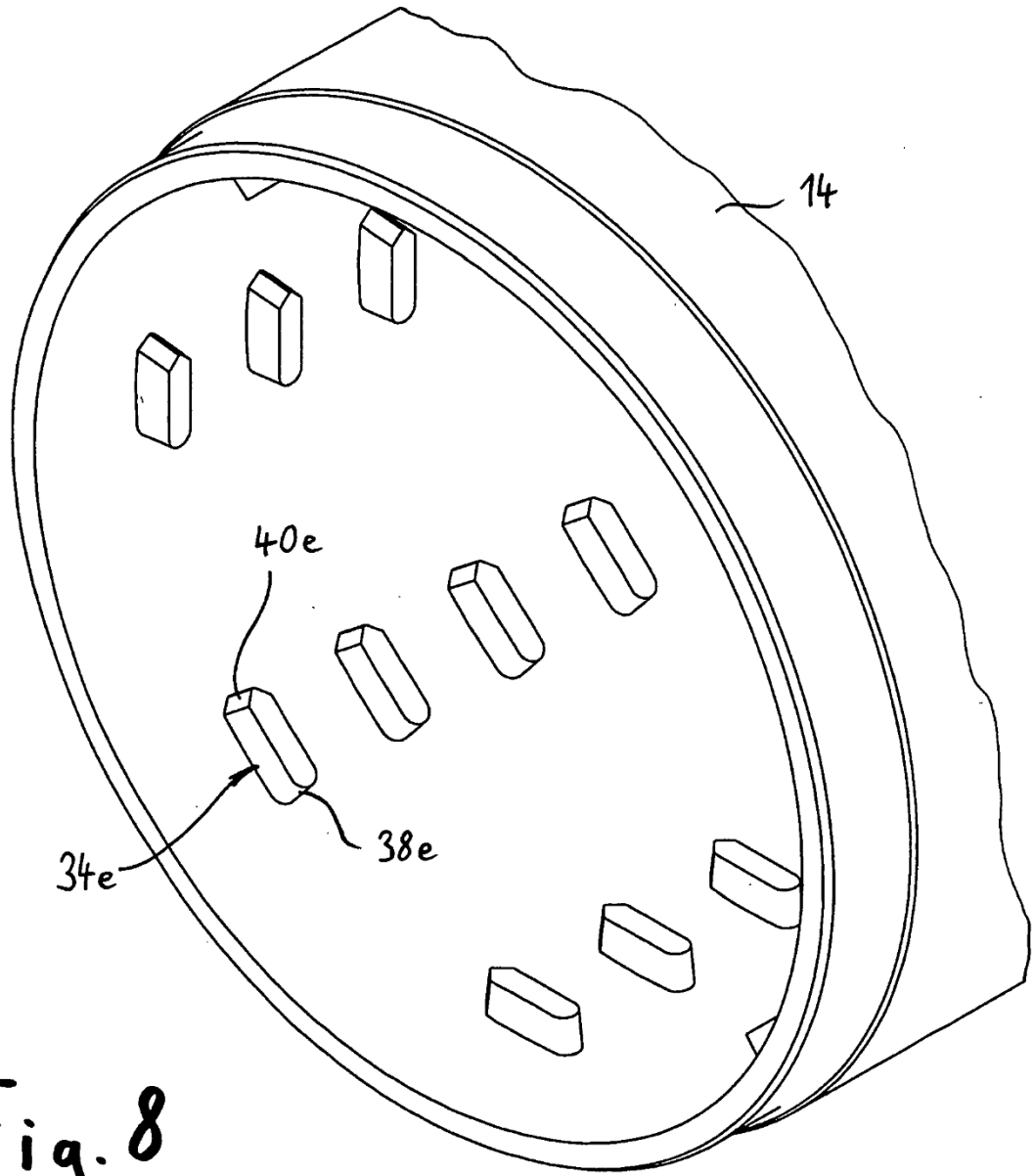


Fig. 8

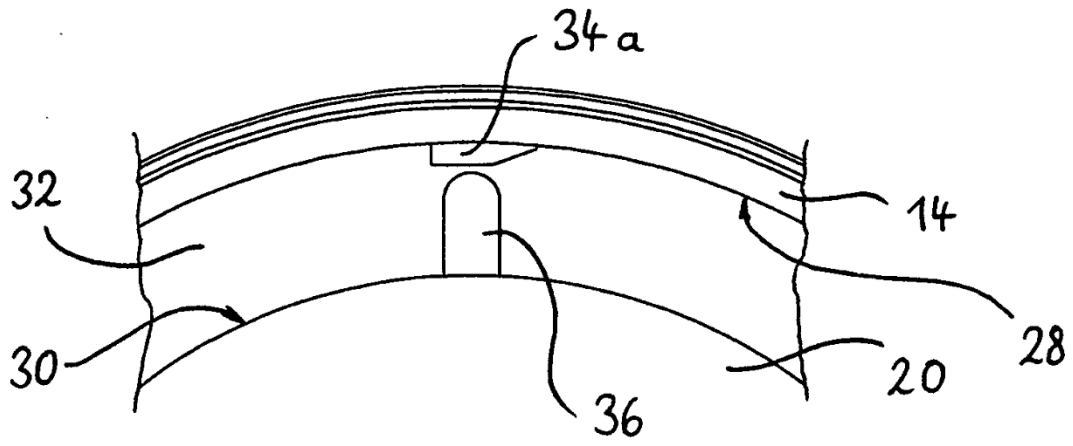


Fig. 9

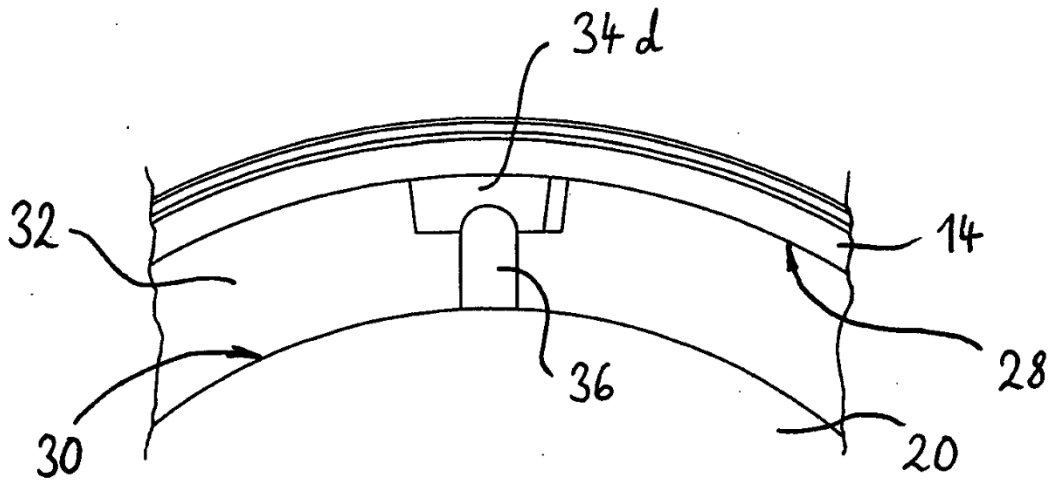


Fig. 10