

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 744 794**

51 Int. Cl.:

<b>F16C 19/36</b>	(2006.01)
<b>F16C 33/58</b>	(2006.01)
<b>F16C 33/36</b>	(2006.01)
<b>F16C 43/06</b>	(2006.01)
<b>F16C 43/08</b>	(2006.01)
<b>F16C 19/22</b>	(2006.01)
<b>F16C 33/46</b>	(2006.01)
<b>F16C 33/49</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.08.2016 PCT/DE2016/200353**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **09.02.2017 WO17020905**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.08.2016 E 16766841 (7)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.06.2019 EP 3332134**

54 Título: **Rodamiento de rodillos de contacto angular así como procedimiento y dispositivo para su montaje**

30 Prioridad:

**04.08.2015 DE 102015214847**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**26.02.2020**

73 Titular/es:

**SCHAEFFLER TECHNOLOGIES AG & CO. KG  
(100.0%)  
Industriestrasse 1-3  
91074 Herzogenaurach, DE**

72 Inventor/es:

**HOFMANN, HEINRICH;  
EIDLOTH, RAINER y  
RUMPEL, REINHARD**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 744 794 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

Rodamiento de rodillos de contacto angular así como procedimiento y dispositivo para su montaje

Campo de la invención

- 5 La invención se refiere a un rodamiento de rodillos de contacto angular de una sola hilera según las características genéricas de la reivindicación 1, que se puede emplear de forma especialmente ventajosa para el apoyo del cigüeñal en un motor de combustión interna de un vehículo de motor. La invención se refiere además a dos variantes de un procedimiento y a un dispositivo para el montaje del rodamiento de rodillos de contacto angular.

Trasfondo de la invención

- 10 El tipo de rodamiento más utilizado para el apoyo del cigüeñal en motores de combustión interna es el rodamiento rígido de bolas de una hilera, dado que éste se caracteriza por una capacidad de carga radial y axial igualmente alta y tiene los límites de velocidad más altos de todos los tipos de rodamientos debido a su baja fricción. Como se sabe, este rodamiento rígido de bolas consta de un anillo exterior y un anillo interior del rodamiento, así como de una pluralidad de bolas de rodamiento dispuestas entre los anillos del rodamiento, que ruedan en las pistas de rodadura en forma de ranura practicadas en la cara interior del anillo exterior del rodamiento y en la cara exterior del anillo interior del rodamiento y que se guían por medio de una jaula del rodamiento a distancias uniformes entre sí. La introducción de las bolas de rodamiento en el rodamiento rígido de bolas se realiza normalmente mediante el procedimiento de montaje excéntrico conocido por el documento DE 168 499 A1, en el que los dos anillos de rodamiento se disponen de forma excéntrica entre sí y el espacio libre resultante entre los anillos de rodamiento se llena con las bolas de rodamiento, colocándose los anillos de rodamiento a continuación en una posición concéntrica entre sí aprovechando su elasticidad e insertándose, después de una distribución circunferencial uniforme de las bolas de rodamiento, la jaula del rodamiento.

- 25 Sin embargo, en la práctica se ha comprobado que estos rodamientos rígidos de bolas están siempre sujetos a ciertos límites, especialmente en lo que se refiere a la capacidad de carga radial del rodamiento, debido al reducido número máximo de bolas que se pueden montar, que depende de las dimensiones de los anillos interior y exterior del rodamiento y del diámetro de las bolas del rodamiento. Por lo tanto, en el pasado se han propuesto numerosas soluciones como, por ejemplo, una abertura de llenado sin cerrar dispuesta en los bordes opuestos de las pistas de rodadura de los anillos interior y exterior del rodamiento según el documento DE 151 483 A1, o una abertura de llenado que se puede cerrar de diseño similar al del documento DE 24 07 477 A1, con la que se pretendía aumentar la capacidad de carga radial de los rodamientos rígidos de bolas, pero que no se ha podido imponer en la práctica debido a los inconvenientes de dichas aberturas de llenado.

- 30 Otra forma evidente de aumentar la capacidad de carga del rodamiento del cigüeñal en un motor de combustión interna de un vehículo de motor sería la sustitución del rodamiento rígido de bolas utilizado anteriormente por un rodamiento de rodillos cilíndricos del tipo NUP, conocido, por ejemplo, por el catálogo "Rodamientos" de la solicitante del mes de octubre de 2008, páginas 393 y 396. Este rodamiento de rodillos cilíndricos presenta, tanto en el anillo interior como en el anillo exterior del rodamiento, dos bordes laterales y es adecuado para soportar elevadas cargas radiales y axiales en ambas direcciones. Sin embargo, los rodamientos de rodillos cilíndricos de este tipo tienen unos costes de fabricación muy altos debido a la elevada proporción de mecanizado con arranque de virutas, especialmente en la producción de pistas de rodadura y en el mecanizado a bordo, y su capacidad de carga también sería demasiado grande, por lo que en última instancia no son adecuados para su uso como rodamientos fijos en cajas de cambios para vehículos de motor.

- 35 Otro tipo de rodamiento adecuado para el apoyo del cigüeñal en un motor de combustión interna de un vehículo de motor, que constituye el estado de la técnica más cercano para la presente invención, y cuya capacidad para absorber fuerzas radiales y axiales en ambas direcciones es mayor que la de los rodamientos rígidos de bolas, se conoce por las memorias impresas DE 6 917 609 U y CH 463 886 A. En estas memorias impresas se revela respectivamente un rodamiento de rodillos de contacto angular que consiste esencialmente en un anillo interior del rodamiento, con una pista de rodadura interior dispuesta oblicuamente respecto al eje radial del rodamiento en su superficie circunferencial exterior y un borde que limita esta pista de rodadura en su diámetro más pequeño, así como en una pluralidad de elementos rodantes de rodillos que giran entre los anillos del rodamiento y ruedan en sus pistas de rodadura y que se mantienen a distancias uniformes entre sí en la dirección circunferencial por medio de una jaula de rodamiento. Para poder introducir los elementos rodantes en forma de rodillos cónicos en la jaula del rodamiento, que en cada caso tiene forma de jaula de bolsillo o jaula de ventana, el borde del anillo de rodamiento interior del rodamiento de rodillos de contacto angular según el documento DE 6 917 609 U, y el borde del anillo interior del rodamiento de rodillos de contacto angular según el documento CH 463 886 A, se configuran como componentes separados que se fijan en los anillos de rodamiento interior después del montaje. En el caso del rodamiento de rodillos de contacto angular según el documento DE 6 917 609 U, esto se realiza mediante un anillo ranurado separado con sección transversal en forma de U, cuyos brazos radiales encajan en ranuras correspondientes del borde y en el anillo interior del rodamiento y, en el caso del rodamiento de rodillos de contacto angular según el documento CH 463 886 A, mediante un reborde circunferencial formado en la parte inferior del borde, que se introduce a presión en el anillo exterior del rodamiento.

En el caso de estos rodamientos de rodillos de contacto angular, el porcentaje del mecanizado con arranque de virutas en la fabricación de las pistas de rodadura y del mecanizado del borde y, por lo tanto, los costes totales de producción de los rodamientos, son considerablemente inferiores a los del rodamiento de rodillos cilíndricos descrito anteriormente por el hecho de que sólo uno de los anillos de los rodamientos se configura con en una sola pieza con un borde lateral, pero a pesar de ello la formación del borde en el otro anillo del rodamiento como corona de polea separada, su montaje adicional en este anillo de rodamiento así como la precisión necesaria en la fabricación de las superficies de contacto en estos y el anillo de rodamiento asociado tienen un efecto desfavorable en sus costes de fabricación. Además, con estos rodamientos de rodillos de contacto angular existe el peligro de que la fijación del separado no sea suficiente para soportar incluso picos de carga radiales o axiales elevados, de modo que la corona de polea se pueda aflojar durante el funcionamiento del rodamiento y el rodamiento finalmente falle.

Por el documento DE 87 13 057 U se conoce un rodamiento de rodillos de contacto angular con bordes configurados en una sola pieza con los anillos del rodamiento, que limita las pistas de rodadura respectivamente por uno de sus lados.

#### Objetivo de la invención

Partiendo de los inconvenientes de las soluciones del estado de la técnica conocido descritos anteriormente, la invención se plantea, por lo tanto, el objetivo de diseñar un rodamiento de rodillos de contacto angular de una sola hilera, que presente una mayor capacidad de carga radial y axial que un rodamiento ranurado de bolas y que se caracterice por una baja proporción de mecanizado con arranque de virutas en la producción de pistas de rodadura y bordes así como por un coste de montaje reducido y, por lo tanto, por bajos costes globales de producción de rodamientos.

#### Descripción de la invención

De acuerdo con la invención, esta tarea se resuelve inicialmente con un rodamiento de rodillos de contacto angular inclinado según el preámbulo de la reivindicación 1 de manera que la superficie de camisa exterior del anillo de rodamiento interior y la superficie de camisa interior del anillo de rodamiento exterior se configuren respectivamente de forma cilíndrica y de modo que se desarrollen, al menos por secciones, coaxiales respecto al eje de rotación del rodamiento y que las pistas de rodadura de ambos anillos se practiquen respectivamente de forma cónica en las superficies de camisa, configurándose los bordes creados, que limitan las pistas de rodadura respectivamente por uno de sus lados, como consecuencia en una pieza con los anillos de rodadura.

Las formas de realización preferidas y las variantes ventajosamente perfeccionadas del rodamiento de rodillos de contacto angular diseñado según la invención se describen en las reivindicaciones dependientes 2 a 8.

Según la reivindicación 2, se prevé en el caso del rodamiento de rodillos de contacto angular diseñado de acuerdo con la invención que los elementos rodantes de rodillo se configuren preferiblemente como rodillos cónicos que presenten un ángulo de conicidad en el rango de 1° a 4° y rueden en sus pistas de rodadura en un ángulo de círculo envolvente de entre 3° y 7°. Utilizando el rodamiento diseñado de acuerdo con la invención para apoyar el cigüeñal en un motor de combustión interna de vehículo de motor, se ha comprobado que un ángulo de conicidad de 1,5° a 2,5°, preferiblemente de 2°, y un ángulo de círculo de envolvente de 5,5° a 6,5°, preferiblemente de 6°, resulta especialmente adecuado debido a las cargas radiales y axiales que se producen. Aun así, hay que hacer constar que el diseño según la invención no debe limitarse a un rodamiento de rodillo cónico, dado que otros rodamientos de rodillo con ejes de rodillo dispuestos en un ángulo respecto al eje de centro del rodamiento también se pueden configurar de la misma manera. En lugar de los rodillos cónicos mencionados a modo de ejemplo, también se pueden utilizar rodillos cilíndricos o agujas o rodillos con superficies de camisa esféricas, como los rodillos pendulares o de tambor.

Según la reivindicación 3, otra característica del rodamiento de rodillo de contacto angular de la invención consiste en que la hendidura entre la superficie de camisa exterior del anillo interior del rodamiento y la superficie de camisa interior del anillo exterior del rodamiento se dimensiona de modo que el doble de su medida sea mayor que el diámetro más grande de los elementos rodantes. Este dimensionamiento de la hendidura entre los anillos interior y exterior del rodamiento es necesario para permitir la inserción de los elementos rodantes en el rodamiento de rodillos de contacto angular de acuerdo con el procedimiento de montaje que se describe a continuación.

De acuerdo con la reivindicación 4, el rodamiento de rodillos de contacto angular configurado según la invención se caracteriza además por el hecho de que tanto el borde que limita la pista de rodadura en el anillo interior del rodamiento como el borde que limita la pista de rodadura en el anillo exterior del rodamiento presentan la misma altura mínima del 18% a 22%, preferiblemente de aprox. un 20%, del diámetro máximo de los elementos rodantes. Como consecuencia de esta conformación de los bordes y de la consiguiente profundidad de la pista de rodadura se garantiza que las elevadas fuerzas axiales que se produzcan en el funcionamiento de los rodamientos se puedan absorber en una dirección con la menor fricción posible de los bordes, mientras que las fuerzas axiales más bajas se absorben en la otra dirección a través de las pistas de rodadura inclinadas.

Una variante convenientemente perfeccionada del rodamiento de rodillos de contacto angular diseñado según la invención consiste, de acuerdo con las reivindicaciones 5, 6 y 7, en que la jaula del rodamiento se componga preferiblemente de una jaula peine insertable en el rodamiento de rodillos de contacto angular después del montaje de los elementos rodantes de los rodillos formada por un anillo de jaula así como por una pluralidad de almas de

- jaula axiales. Esta jaula de rodamiento presenta además en sus almas de jaula varias almas de enclavamiento distribuidas de forma circunferencial y uniforme por el perímetro, mediante las cuales la jaula de rodamiento se puede fijar axialmente en su posición, ya sea en la superficie interior del borde del anillo exterior del rodamiento o en la superficie interior del borde del anillo interior del rodamiento. Estas almas de enclavamiento se configuran con una inclinación análoga a la de los ejes de los rodillos de los elementos rodantes hacia el eje central en las almas de jaula y en un principio se deforman elásticamente en la dirección de las almas de jaula, al insertar la jaula en el rodamiento de rodillos de contacto angular, hasta encajar con sus extremos libres desde el lado del diámetro grande de los rodillos cónicos detrás del borde del anillo exterior del rodamiento, y desde el lado del diámetro pequeño de los rodillos cónicos detrás del borde del anillo interior del rodamiento. Como consecuencia, la jaula del rodamiento, que antes sólo estaba fijada en una dirección axial, se fija ahora también en su posición en la otra dirección axial por el contacto de la jaula del rodamiento con un extremo de los elementos rodantes de los rodillos. Sin embargo, también en este caso conviene destacar que el uso de una jaula peine como jaula de rodamiento no se limita a este tipo de jaula, ya que también es posible diseñar la jaula de rodamiento como jaula de remaches de chapa de dos partes.
- Finalmente, la reivindicación 8 propone como forma de realización ventajosa del rodamiento de rodillos de contacto angular según la invención, que el mismo se selle contra la entrada de suciedad desde el exterior así como contra la salida de lubricante introducido en su caso en el interior del rodamiento, por medio de dos discos de obturación elastómeros con armadura metálica insertados axialmente a ambos lados de los elementos rodantes del rodillo en las ranuras de fijación circunferenciales en la superficie de camisa interior del anillo de rodamiento exterior. Este diseño conocido de otros tipos de rodamientos merece ser mencionado, dado que los rodamientos de rodillos de contacto angular antes descritos como el estado de la técnica más cercano no se pueden sellar debido a la falta de superficies de montaje adecuadas y de superficies de sellado idóneas para estos discos de obturación elastómeros. Gracias a la configuración plana de la superficie de camisa exterior del anillo interior del rodamiento y de la superficie de camisa interior del anillo exterior del rodamiento, se dispone en el caso de los rodamientos de rodillos de contacto angular según la invención de las superficies de fijación y de sellado necesarias.
- En un rodamiento de rodillos de contacto angular según la invención, la tarea planteada se resuelve además con ayuda de un procedimiento de montaje de acuerdo con la reivindicación 9 o 10, que se caracteriza por el hecho de que el rodamiento de rodillos de contacto angular se monta de acuerdo con un procedimiento de montaje excéntrico de por sí conocido para rodamientos ranurados de bolas.
- En una primera variante de este procedimiento de montaje excéntrico, el anillo interior del rodamiento se coloca en un primer paso según la reivindicación 9, con su cara frontal formada con el borde en un plano de montaje horizontal con una rampa auxiliar convexa en forma de hoz de manera que se ajuste con su borde al lado del diámetro interior de la rampa auxiliar. A continuación, en un segundo paso, el anillo exterior del rodamiento se dispone con su cara frontal formada con el borde de forma excéntrica respecto al anillo interior del rodamiento hacia arriba, de modo que, por un lado, la rampa auxiliar se encuentre entre los anillos del rodamiento y, por otro lado, los anillos de los rodamientos se ajusten unos a otros y se desplacen en 180° con respecto al centro de la rampa auxiliar. En un tercer paso, el espacio libre en forma de hoz entre el anillo exterior del rodamiento y el anillo interior del rodamiento se rellena con los elementos rodantes diseñados como rodillos cónicos de forma que sus caras frontales más pequeñas se apoyen en el lado inclinado de la rampa auxiliar.
- Una segunda variante del procedimiento de montaje excéntrico difiere de la primera variante según la reivindicación 10 en que, en un primer paso, el anillo exterior del rodamiento con su cara frontal formada por el borde se coloca en un plano de montaje horizontal con una rampa auxiliar convexa en forma de hoz de manera que su borde se ajuste al lado del diámetro exterior de la rampa auxiliar. A continuación, en un segundo paso, el anillo exterior del rodamiento se dispone con su cara frontal formada con el borde de forma excéntrica respecto al anillo interior del rodamiento hacia arriba, de modo que, por un lado, la rampa auxiliar se encuentre entre los anillos del rodamiento y, por otro lado, los anillos de los rodamientos se ajusten unos a otros desplazados en 180° con respecto al centro de la rampa auxiliar.
- El tercer paso de esta variante consiste de nuevo en rellenar el espacio libre en forma de hoz resultante entre el anillo interior del rodamiento y el anillo exterior del rodamiento con los elementos rodantes de rodillos diseñados como rodillos cónicos, de modo que sus caras frontales más grandes se apoyen en el lado inclinado de la rampa auxiliar.
- Con independencia de las dos variantes del procedimiento de montaje excéntrico, el anillo exterior del rodamiento se fija a continuación, en un cuarto paso según la reivindicación 11, a la altura del punto de contacto con el anillo interior del rodamiento así como a la altura de un punto desplazado en 180° respecto al punto de contacto en su superficie de camisa exterior, de forma que el anillo exterior del rodamiento quede ligeramente ovalado dentro de su límite elástico. En un quinto paso según la reivindicación 12, el anillo interior del rodamiento se desplaza después a una posición coaxial con respecto al anillo exterior del rodamiento y los elementos rodantes de los rodillos se distribuyen uniformemente por el perímetro en sus pistas de rodadura en los anillos del rodamiento, con lo que se elimina la ovalización del anillo exterior del rodamiento.
- Utilizando la primera variante del procedimiento de montaje excéntrico según la invención, la jaula de rodamiento diseñada como jaula peine se inserta según la reivindicación 13, en un sexto paso, con sus almas de jaula desde el lado y con sus caras frontales más pequeñas, entre los elementos rodantes de rodillos y se enclava en la superficie

interior de la costilla en el anillo interior del rodamiento. Sin embargo, al utilizar la segunda variante del procedimiento de montaje según la invención conforme a la reivindicación 14, la jaula del rodamiento configurada como jaula peine se introduce en un sexto paso desde el lado con sus caras frontales más grandes entre los elementos rodantes y se enclava en la superficie interior del borde del anillo de rodamiento exterior.

- 5 Según la reivindicación 15, el paso final del procedimiento de montaje excéntrico según la invención consiste en llenar el interior del rodamiento con lubricante y en insertar dos discos de obturación elastómeros en las ranuras de fijación de la superficie de camisa interna del anillo de rodamiento exterior.

Finalmente, la tarea planeada se resuelve con un rodamiento de rodillos de contacto angular según la invención mediante dos variantes de un dispositivo para la puesta en práctica del procedimiento de montaje descrito.

- 10 Para la realización de la primera variante del procedimiento de montaje excéntrico de acuerdo con la invención, se propone según la reivindicación 16, que la rampa auxiliar adyacente al anillo de rodamiento interior con su lado de diámetro interior presente un lado inclinado que se vaya estrechando hacia el anillo de rodamiento exterior con el ángulo de inclinación de la pista de rodadura en el anillo de rodamiento interior, así como una altura máxima de rampa que corresponda a la altura del borde del anillo de rodamiento interior. En cambio, para llevar a cabo la  
 15 segunda variante del procedimiento de montaje excéntrico según la invención, sin embargo, se propone según la reivindicación 17 que la rampa auxiliar adyacente con su lado de diámetro exterior al anillo de rodamiento exterior presente un lado inclinado que se vaya estrechando hacia el anillo de rodamiento interior con el ángulo de inclinación de la pista de rodadura del anillo de rodamiento exterior y una altura máxima de rampa correspondiente a la altura del borde del anillo de rodamiento exterior.

- 20 En resumen, el rodamiento de rodillos de contacto angular según la invención ofrece, frente a los rodamientos de rodillos de contacto angular conocidos por el estado de la técnica, la ventaja de tener, a pesar del grado de llenado máximo de aproximadamente un 60 % de los elementos rodantes alcanzable con el procedimiento de montaje excéntrico, una capacidad de carga más alta que un rodamiento ranurado de bolas de una hilera montado de forma similar, dado que los elementos rodantes utilizados ya no entran en contacto puntual como en el caso de las bolas  
 25 del rodamiento, sino que están en contacto lineal con sus pistas de rodadura. Con respecto a la capacidad de carga que se puede conseguir, un rodamiento de rodillos de contacto angular diseñado según la invención se incluye ahora como un tipo de rodamiento completamente nuevo [por ejemplo, serie ARU (Angular Roller Unit) 207 = 40 kN] aproximadamente en el medio entre la capacidad de carga de un rodamiento ranurado de bolas de una hilera [por ejemplo, serie 6207 = 25,5 kN] y la capacidad de carga de un rodamiento de rodillos cilíndricos de una sola hilera [por ejemplo, serie NUP 207E = 56 kN]. Además, la parte de mecanizado con arranque de virutas en la fabricación y mecanizado de las pistas de rodadura y de los bordes del rodamiento de rodillos de contacto angular según la  
 30 invención se mantiene dentro de unos límites de coste razonables gracias a las pistas de rodadura simplemente practicadas de forma cónica en las superficies cilíndricas interiores y exteriores de ambos anillos de rodamiento; al mismo tiempo, ya no se necesitan discos de corona de polea separadas, puesto que los bordes resultantes se configuran en una pieza con los anillos de rodamiento. En relación con el procedimiento de montaje excéntrico para los elementos rodantes de los rodillos y la jaula peine utilizada, el rodamiento de rodillos de contacto angular según la invención se caracteriza en conjunto por unos costes de montaje bajos y, por lo tanto, por costes reducidos para la fabricación de los rodamientos.

Breve descripción de los dibujos

- 40 A continuación se explican con detalle una forma de realización preferida del rodamiento de rodillos de contacto angular según la invención, así como dos variantes alternativas de un procedimiento para su montaje y dos dispositivos correspondientes para la puesta en práctica de estas variantes del procedimiento con referencia a los dibujos adjuntos. Éstos muestran en la:

45 Figura 1 una representación ampliada de una sección transversal de un rodamiento de rodillos de contacto angular según la invención;

Figuras 2a, 2b una representación del primer paso de la primera variante del procedimiento de montaje según la invención en una vista en planta y en un corte;

Figuras 3a, 3b una representación del segundo paso de la primera variante del procedimiento de montaje según la invención en una vista en planta y en un corte;

- 50 Figuras 4a, 4b una representación del tercer paso de la primera variante del procedimiento de montaje según la invención en una vista en planta y en un corte;

Figuras 5a, 5b una representación del primer paso de la segunda variante del procedimiento de montaje según la invención en una vista en planta y en un corte;

- 55 Figuras 6a, 6b una representación del segundo paso de la segunda variante del procedimiento de montaje según la invención en una vista en planta y en un corte;

Figuras 7a, 7b una representación del tercer paso de la segunda variante del procedimiento de montaje según la invención en una vista en planta y en un corte;

Figuras 8a, 8b una representación del quinto paso de ambas variantes del procedimiento de montaje según la invención en una vista en planta y en un corte;

Figuras 9a, 9b una representación del sexto paso de ambas variantes del procedimiento de ensamblaje según la invención en una vista en planta y en un corte;

5 Figuras 10a, 10b una representación de la rampa auxiliar para llevar a cabo la primera variante del procedimiento de montaje según la invención en una vista en planta y en un corte;

Figuras 11a, 11b una representación de la rampa auxiliar para llevar a cabo la segunda variante del procedimiento de montaje de la invención en una vista en planta y en un corte.

Descripción detallada de los dibujos

10 En la figura 1 se representa una sección transversal de un rodamiento de rodillos de contacto angular de una sola hilera que es adecuado, por ejemplo, como sustituto del rodamiento ranurado de bolas utilizado anteriormente para el apoyo del cigüeñal en los motores de combustión interna de los vehículos de motor. Este rodamiento de rodillos de contacto angular 1 está formado por un anillo de rodamiento interior 2 con una pista de rodadura interior 4 dispuesta en su superficie de camisa exterior 3 inclinada hacia el eje de rotación del rodamiento  $A_L$ , limitada en su diámetro más pequeño por un borde 5, y por un anillo de rodamiento exterior 6 con una pista de rodadura exterior 8 dispuesta en su superficie de camisa interior 7 inclinada igualmente hacia el eje de rotación del rodamiento  $A_L$  limitada en su diámetro más grande por un borde 9. Entre los anillos del rodamiento 2, 6 se dispone además una pluralidad de elementos rodantes de rodillos 10 que ruedan en sus pistas de rodadura 4, 8 y que por medio de una jaula del rodamiento 11 se mantienen en dirección perimetral a distancias uniformes entre sí.

20 En la figura 1 se ve además que la superficie de camisa exterior 3 del anillo de rodamiento interior 2 y la superficie interior 7 del anillo de rodamiento exterior 6 se configuran, en la zona fuera de las pistas de rodadura 4, 8 de forma cilíndrica y coaxiales respecto al eje de rotación del rodamiento  $A_L$  y que las pistas de rodadura 4, 8 de los dos anillos del rodamiento 2, 6 se practican respectivamente de forma cónicamente en las superficies de camisa cilíndricas 3, 7. Los bordes 5 y 9 que se producen y que limitan las pistas de rodadura 4 y 8 por uno de los lados, se configuran así en una sola pieza con los anillos del rodamiento 2 y 6.

25 En la figura 1 se aprecia igualmente que los elementos rodantes de los rodillos 10 se han diseñado como rodillos cónicos que presentan un ángulo cónico  $\delta$  de preferiblemente  $2^\circ$  y que ruedan en un ángulo de círculo envolvente  $\beta$  de preferiblemente  $6^\circ$  en sus pistas de rodadura 4, 8. Además, la distancia S entre la superficie de camisa exterior 3 del anillo interior del rodamiento 2 y la superficie de camisa interior 7 del anillo exterior del rodamiento 6 se dimensiona de forma que el doble de su medida sea mayor que el diámetro mayor  $D_W$  de los elementos rodantes 10 para permitir que los elementos rodantes 10 se inserten en el rodamiento radial 1 de acuerdo con el procedimiento de montaje que se describe más detalladamente a continuación. Adicionalmente, tanto el borde 5 que limita la pista de rodadura 4 en el anillo de rodamiento interior 2, como el borde 9 que limita la pista de rodadura 8 en el anillo de rodamiento exterior 6 presentan la misma altura mínima  $h_{BI}$ ,  $h_{BA}$  de aprox. un 20% del diámetro más grande  $D_W$  de los elementos rodantes 10, para poder absorber las elevadas fuerzas axiales que se producen en el funcionamiento del rodamiento en una dirección con el menor rozamiento posible de los bordes.

35 En la figura 1 se aprecia también que la jaula de rodamiento 11 consiste preferiblemente en una jaula peine que se puede insertar en el rodamiento radial 1 después de montar los elementos rodantes de los rodillos 10. La jaula 11, compuesta por un anillo de jaula 12 y una pluralidad de almas de jaula axial 13, presenta en sus bordes de jaula 13 ocultas, una pluralidad de almas de enclavamiento 14 igualmente ocultas y distribuidas uniformemente por el perímetro, que se extienden oblicuamente respecto al eje central del rodamiento  $A_L$ , por medio de las cuales la jaula 11 se puede fijar axialmente en su posición en la superficie interior 15 del borde 9 en el anillo de rodamiento exterior 6.

40 Finalmente, se ve en la figura 1 que el rodamiento radial 1 está sellado contra la contaminación desde el exterior y la salida de lubricante introducido eventualmente en el espacio interior del rodamiento 20 por medio de dos discos de obturación elastómeros 18, 19 con armadura metálica insertados axialmente a ambos lados del elemento rodante 10 en las ranuras de fijación perimetrales 16, 17 de la superficie de camisa interior 7 del anillo de rodamiento exterior 6. A diferencia de los rodamientos de rodillos de contacto angular conocidos, este diseño de por sí conocido de otros tipos de rodamientos sólo es posible en el caso del rodamiento radial 1 según la invención, por que, debido a la configuración plana de la superficie de camisa exterior 3 del anillo de rodamiento interior 2 y de la superficie de camisa interior 7 del anillo de rodamiento exterior 6, el mismo presenta superficies de fijación adecuadas y superficies de obturación idóneas para estos discos de obturación elastómeros 18, 19.

45 En las figuras 2a, 2b, 3a, 3b y 4a, 4b se representan además esquemáticamente los primeros pasos de una primera variante de un procedimiento de montaje para el rodamiento de rodillos de contacto angular 1 según la invención. Este procedimiento de montaje es esencialmente un procedimiento de montaje excéntrico modificado de por sí conocido para el montaje de los rodamientos ranurados de bolas, en el que, como se puede ver en las figuras 2a y 2b, en un primer paso, el anillo interior del rodamiento 2 se coloca con su cara frontal formada por el borde 5 en un plano de montaje horizontal 21 con una rampa auxiliar convexa en forma de hoz 22, de manera que su borde 5 se ajuste al lado del diámetro interior 24 de la rampa auxiliar 22.

5 A continuación, en un segundo paso, el anillo de rodamiento exterior 6 se dispone con la cara frontal configurada con el borde 9 hacia arriba de forma excéntrica respecto al anillo de rodamiento 2 interior, de modo que por un lado, como se puede ver claramente en las figuras 3a y 3b, la rampa auxiliar 22 quede dispuesta entre los anillos del rodamiento 2, 6 y, por otro lado, los anillos del rodamiento 2, 6 se ajusten uno a otro y se desplacen en 180° respecto al centro de la rampa auxiliar 22.

En un tercer paso, mostrado en las figuras 4a y 4b, el espacio libre resultante en forma de hoz entre el anillo de rodamiento exterior 6 y el anillo de rodamiento interior 2 se rellena con los elementos rodantes de rodillos 10 en forma de rodillos cónicos de forma que sus caras frontales más pequeñas se apoyen en el lado inclinado 26 de la rampa auxiliar 22.

10 La segunda variante del procedimiento de montaje del rodamiento de rodillos de contacto angular según la invención representada en las figuras 5a, 5b, 6a, 6b y 7a, 7b es igualmente un procedimiento de montaje excéntrico modificado y difiere de la primera variante por que en el primer paso ilustrado en las figuras 5a y 5b, el anillo de rodamiento exterior 6 con su cara exterior formada por el borde 9 se coloca sobre un plano de montaje horizontal 21 con una rampa auxiliar convexa en forma de hoz 23, de manera que su borde 9 se apoye en el lado del diámetro exterior 25 de la rampa auxiliar 23.

15 De forma similar a la de la primera variante, en un segundo paso el anillo de rodamiento interior 2 se dispone con la cara frontal configurada por el borde 5 hacia arriba de forma excéntrica respecto al anillo de rodamiento exterior 6, de modo que, como se puede ver en las figuras 6a y 6b, por un lado, la rampa auxiliar 23 se encuentre entre los anillos del rodamiento 2, 6 y, por otro lado, los anillos del rodamiento 2, 6 se ajusten uno a otro, desplazados en 180° con respecto al centro de la rampa auxiliar 23.

En un tercer paso, representado en las figuras 7a y 7b, el espacio libre en forma de hoz entre el anillo de rodamiento interior 2 y el anillo de rodamiento exterior 6 se llena con los elementos rodantes de los rodillos 10 diseñados como rodillos cónicos, pero con la diferencia de que en este caso las caras frontales más grandes de los elementos rodantes de los rodillos 10 se apoyan en el lado inclinado 27 de la rampa auxiliar 23.

25 Independientemente de las dos variantes del procedimiento de montaje excéntrico, el anillo de rodamiento exterior 3 se sujeta en un cuarto paso no representado en detalle en los dibujos, a la altura del punto de contacto con el anillo de rodamiento interior 2 así como a la altura de un punto desplazado en 180° frente al punto de contacto, en su superficie de camisa exterior, de manera que el anillo de rodamiento exterior 3 adquiera una forma ligeramente ovalada dentro de su límite elástico. Como se puede ver en las figuras 8a y 8b, a continuación el anillo de rodamiento interior 2 se desplaza en un quinto paso a una posición coaxial respecto al anillo de rodamiento exterior 3 para disponer los elementos rodantes de los rodillos 10 en los anillos de rodamiento 2, 6 en sus pistas de rodadura 4, 8 uniformemente distribuidos por el perímetro, eliminando al mismo tiempo la ovalización del anillo de rodamiento exterior 3.

35 Al utilizar la primera variante del procedimiento de montaje excéntrico según la invención, la jaula de rodamiento 11, diseñada como jaula peine con sus almas de jaula 13, se inserta después, en un sexto paso, que por motivos de una simplificación no se representa en los dibujos, entre los elementos rodantes del rodillo 10 desde el lado con sus caras frontales finales más pequeñas y se enclava con sus salientes de enclavamiento en la superficie interior del borde 5 en el anillo de rodamiento interior 2. Sin embargo, en caso de utilización de la segunda variante del procedimiento de montaje excéntrico según la invención, la jaula de rodamiento 11 configurada como jaula peine, como se ilustra en las figuras 9a y 9b, se introduce en un sexto paso con sus almas de jaula 13, desde un lado, entre los elementos rodantes de rodillo 10 del lado con sus caras frontales más grandes y se enclava con sus almas de enclavamiento 14, como muestra la figura 1, en la superficie interior 15 del borde 9 del anillo de rodamiento exterior 6. Finalmente, el interior del rodamiento 20 se rellena con lubricante y los dos discos de obturación elastómeros 18, 19 se insertan en las ranuras de fijación perimetrales 16, 17 de la superficie de camisa interior 7 del anillo de rodamiento exterior 6 en la manera representada igualmente la figura 1.

45 Las figuras 10a, 10b y 11a, 11b muestran finalmente las rampas auxiliares 22 y 23 para la realización de las dos variantes del procedimiento de montaje excéntrico según la invención. La rampa auxiliar 22 utilizada para la primera variante de proceso se caracteriza por que su lado interior 24 se ajusta al anillo de rodamiento interior 6 y, como se puede ver claramente en las figuras 10a y 10b, presenta un lado inclinado 26 que se estrecha hacia el anillo de rodamiento exterior 3 con el ángulo de inclinación de la pista de rodadura 4 en el anillo de rodamiento interior 2 así como una altura máxima de la rampa  $h_R$  que corresponde a la altura del borde  $h_{B1}$  en el anillo de rodamiento interior 2.

50 La rampa auxiliar 23 utilizada para la segunda variante del procedimiento se caracteriza, en cambio, por que su lado exterior 25 está en contacto con el anillo de rodamiento exterior 6 y, como se puede ver en las figuras 11a y 11b, presenta un lado inclinado 27 que se estrecha hacia el anillo de rodamiento interior 2 con el ángulo de inclinación de la pista de rodadura 8 en el anillo de rodamiento exterior 6 y una altura máxima de la rampa  $h_R$  que corresponde a la altura del borde  $h_{BA}$  en el anillo de rodamiento exterior 6.

Lista de referencias

	1	Rodamiento radial de rodillos
	2	Anillo de rodamiento interior
	3	Superficie de camisa exterior de 2
5	4	Pista de rodadura interior en 2
	5	Borde en 4
	6	Anillo de rodamiento exterior
	7	Superficie de camisa interior de 6
	8	Pista de rodadura exterior en 6
10	9	Borde en 8
	10	Elementos rodantes de rodillos
	11	Jaula de rodamiento
	12	Anillo de jaula de 11
	13	Almas de jaula en 12
15	14	Almas de enclavamiento en 13
	15	Superficie interior de 9
	16	Ranura de fijación en 7
	17	Ranura de fijación en 7
	18	Disco de obturación elastómero
20	19	Disco de obturación elastómero
	20	Interior del rodamiento
	21	Plano de montaje
	22	Rampa auxiliar
	23	Rampa auxiliar
25	24	Lado del diámetro interior de 22
	25	Lado del diámetro exterior de 23
	26	Lado inclinado en 22
	27	Lado inclinado en 23
30	$A_L$	Eje de rotación del rodamiento
	$\delta$	Ángulo cónico
	$\beta$	Ángulo de círculo envolvente
	S	Hendidura entre 3 y 7
	$D_W$	Diámetro máximo de 10
35	$h_{BI}$	Altura del borde en 2
	$h_{BA}$	Altura del borde en 6
	$h_R$	Altura de la rampa



## REIVINDICACIONES

1. Rodamiento de rodillos de contacto angular (1), compuesto por un anillo interior (2) con un canal interior (4) dispuesto en su superficie de camisa (3) inclinado respecto al eje de rotación del rodamiento ( $A_L$ ) y un borde (5) que delimita dicho canal (4) en su diámetro más pequeño, un anillo de rodamiento exterior (6) con una pista de rodadura exterior (8) dispuesta en su superficie de camisa interior (7) inclinada hacia el eje de rotación del rodamiento ( $A_L$ ) y por un borde (9) que delimita dicha pista de rodadura (8) en su diámetro más grande, y por una pluralidad de elementos rodantes de rodillos (10) dispuestos entre los anillos del rodamiento (2, 6), que ruedan en sus pistas de rodadura (4, 8), que por medio de una jaula de rodamiento (11) se mantienen en dirección circunferencial a distancias uniformes entre sí, caracterizado por que la superficie de camisa exterior (3) del anillo de rodamiento interior (2) y la superficie de camisa interior (7) del anillo de rodamiento exterior (6) se configuran respectivamente a ambos lados fuera de las pistas de rodadura (4, 8) de forma cilíndrica y se extienden, al menos por secciones, coaxiales al eje de rotación del rodamiento ( $A_L$ ) y por que los carriles de rodadura (4, 8) de los dos anillos del rodamiento (2, 6) se practican respectivamente en forma de cono en las superficies de camisa (3, 7), realizándose como consecuencia los bordes (5, 9) producidos de este modo, que limitan las pistas de rodadura (4, 8), respectivamente por uno de los lados en una sola pieza con los anillos del rodamiento (2, 6).
2. Rodamiento de rodillos de contacto angular según la reivindicación 1, caracterizado por que los cuerpos de rodillos (10) se configuran preferiblemente como rodillos cónicos que presentan un ángulo cónico ( $\delta$ ) en el rango de  $1^\circ$  a  $4^\circ$ , preferiblemente de  $2^\circ$ , y que ruedan en sus pistas de rodadura (4, 8) en un ángulo de círculo envolvente ( $\beta$ ) de entre  $3^\circ$  y  $7^\circ$ , preferiblemente de  $6^\circ$ .
3. Rodamiento de rodillos de contacto angular según la reivindicación 2, caracterizado por que la distancia (S) entre la superficie de camisa exterior (3) del anillo de rodamiento interior (2) y la superficie de camisa interior (7) del anillo de rodamiento exterior (6) se dimensiona de forma que el doble de su medida sea mayor que el diámetro mayor ( $D_w$ ) de los elementos rodantes de los rodillos (10).
4. Rodamiento de rodillos de contacto angular según la reivindicación 2, caracterizado por que tanto el borde (5) que limita la pista de rodadura (4) en el anillo de rodamiento interior (2) como el borde (9) que limita la pista de rodadura (8) en el anillo de rodamiento exterior (6) presentan una altura mínima ( $h_{BI}$ ,  $h_{BA}$ ) del 18 % al 22 %, con preferencia aproximadamente del 20 %, del diámetro más grande de los elementos rodantes ( $D_w$ ) (10).
5. Rodamiento de rodillos de contacto angular según la reivindicación 1, caracterizado por que la jaula de rodamiento (11) está formada por una jaula peine que se puede insertar en el rodamiento radial (1) después de que se hayan montado los cuerpos rodantes de los rodillos (10) y que consiste en un anillo de jaula (12) así como en una multiplicidad de almas de jaula axiales (13).
6. Rodamiento de rodillos de contacto angular según la reivindicación 4, caracterizado por que la jaula de rodamiento (11) presenta en sus almas de jaula (13) varias almas de enclavamiento (14) distribuidas uniformemente por el perímetro, que se extienden en ángulo respecto al eje de rotación ( $A_L$ ) del rodamiento y por medio de las cuales la jaula de rodamiento (11) se puede fijar axialmente en su posición en la superficie interior (15) del borde (9) en el anillo de rodamiento exterior (6).
7. Rodamiento de rodillos de contacto angular según la reivindicación 4, caracterizado por que la jaula del rodamiento (11) presenta en sus almas de jaula (13) varios salientes de enclavamiento distribuidos uniformemente por el perímetro, que tienen un diámetro interior menor que el del anillo de jaula (12), por medio de los cuales la jaula de rodamiento (11) se puede fijar axialmente en su posición en la superficie interior del borde (5) en el anillo de rodamiento interior (2).
8. Un rodamiento de rodillos de contacto angular según la reivindicación 1, caracterizado por que el mismo se sella mediante dos discos de obturación elastómeros (18, 19) con armadura metálica insertados axialmente a ambos lados de los cuerpos de rodadura (10) en las ranuras de fijación perimetrales (16, 17) de la superficie de camisa interior (7) del anillo de rodamiento exterior (6) contra la contaminación desde el exterior y contra la salida de lubricante introducido en su caso en el interior del rodamiento (20).
9. Procedimiento de montaje de un rodamiento de rodillos de contacto angular según una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que el rodamiento de rodillos de contacto angular (1) se monta por medio de un procedimiento de montaje excéntrico de por sí conocido como procedimiento de montaje de rodamientos ranurados de bolas, caracterizado por que
- en un primer paso, el anillo de rodamiento interior (2) se coloca con su cara frontal formada por el borde (5) sobre un plano de montaje horizontal (21) con una rampa auxiliar convexa en forma de hoz (22) de manera que su borde (5) se ajuste al lado del diámetro interior (24) de la rampa auxiliar (22);
  - en un segundo paso, el anillo de rodamiento exterior (6) se dispone con su cara frontal por el borde (9) hacia arriba de forma excéntrica respecto al anillo de rodamiento interior (2), de forma que, por un lado, la rampa auxiliar (22) se

encuentre entre los anillos del rodamiento (2, 6) y, por otro lado, los anillos de rodamiento (2, 6) se ajusten unos a otros desplazados en 180° respecto al centro de la rampa auxiliar (22);

- en un tercer paso, el espacio libre resultante en forma de hoz entre el anillo de rodamiento exterior (6) y el anillo de rodamiento interior (2) se rellena con los cuerpos de rodadura de rodillos (10) diseñados como rodillos cónicos de forma que sus caras frontales más pequeñas se apoyen en el lado inclinado (26) de la rampa auxiliar (22).

10. Procedimiento de montaje de un rodamiento de rodillos de contacto angular según una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que el rodamiento de rodillos de contacto angular (1) se monta por un procedimiento de montaje excéntrico en sí conocido como procedimiento de montaje de rodamientos ranurados de bolas, caracterizado por que

- en un primer paso, el anillo de rodamiento exterior (6) se coloca con su cara frontal formada por el borde (9) en un plano de montaje horizontal (21) con una rampa auxiliar convexa en forma de hoz (23) de forma que su borde (9) se ajuste al lado del diámetro exterior (25) de la rampa auxiliar (23);

- en un segundo paso, el anillo de rodamiento interior (2) se dispone con su cara frontal formada por el borde (5) hacia arriba de forma excéntrica respecto al anillo de rodamiento exterior (6), de manera que, por un lado, la rampa auxiliar (23) se encuentre entre los anillos de rodamiento (2, 6) y, por otro lado, los anillos del rodamiento (2, 6) se ajusten unos a otros, desplazados en 180° respecto al centro de la rampa auxiliar (23);

- en un tercer paso, el espacio libre resultante en forma de hoz entre el anillo de rodamiento interior (2) y el anillo de rodamiento exterior (6) se rellena con los cuerpos de rodadura de rodillos (10) diseñados como rodillos cónicos de manera que sus caras frontales más grandes se apoyen en el lado inclinado (27) de la rampa auxiliar (23).

11. Procedimiento según la reivindicación 9 o 10, caracterizado por que, en un cuarto paso, el anillo de rodamiento exterior (3) se sujeta a la altura del punto de contacto con el anillo de rodamiento interior (2) y a la altura de un punto desplazado en 180° respecto al punto de contacto en su superficie de camisa exterior, de manera que el anillo de rodamiento exterior (3) adquiera una forma ligeramente ovalada dentro de su límite elástico.

12. Procedimiento según la reivindicación 11, caracterizado por que, en un quinto paso, el anillo de rodamiento interior (2) se desplaza a una posición coaxial respecto al anillo de rodamiento exterior (3) y los elementos rodantes de rodillos (10) se distribuyen uniformemente por el perímetro en sus pistas de rodadura (4, 8) en los anillos de rodamiento (2, 6), con lo que se elimina la ovalización del anillo de rodamiento exterior (3).

13. Procedimiento según la reivindicación 12, caracterizado por que, en su sexto paso, la jaula de rodamiento (11) en forma de jaula peine con sus almas de jaula (13) se inserta entre los cuerpos rodantes de los rodillos (10) desde el lado con sus caras frontales más pequeñas y se encaja en el anillo de rodamiento interior (2) con sus salientes de enclavamiento en la superficie interior del borde (5).

14. Procedimiento según la reivindicación 12, caracterizado por que, en su sexto paso, la jaula de rodamiento (11) en forma de jaula peine con sus almas de jaula (13) se inserta entre los cuerpos rodantes de los rodillos (10) desde el lado con sus caras frontales más grandes y se encaja con sus salientes de enclavamiento (14) en la superficie interior (15) del borde (9) en el anillo de rodamiento exterior (6).

15. Procedimiento según la reivindicación 13 o 14, caracterizado por que, en un último paso, el interior del rodamiento (20) se rellena con lubricante y los dos discos de obturación elastómeros (18, 19) se insertan en las ranuras de fijación perimetrales (16, 17) de las secciones cilíndricas (7.1, 7.2) de la superficie de camisa interior (7) del anillo de rodamiento exterior (6).

16. Dispositivo para la realización del procedimiento según la reivindicación 9, caracterizado por que la rampa auxiliar (22) adyacente con su lado de diámetro interior (24) al anillo de rodamiento interior (2) presenta un lado inclinado (26) que se estrecha hacia el anillo de rodamiento exterior (3) en el ángulo de inclinación de la pista de rodadura (4) del anillo de rodamiento interior (2) así como una altura máxima de la rampa ( $h_R$ ) que corresponde a la altura del borde ( $h_{BI}$ ) en el anillo de rodamiento interior (2).

17. Dispositivo para la realización del procedimiento según la reivindicación 10, caracterizado por que la rampa auxiliar (23) adyacente con su lado de diámetro exterior (25) al anillo de rodamiento exterior (6) presenta un lado inclinado (27) que se estrecha hacia el anillo de rodamiento interior (2) en el ángulo de inclinación de la pista de rodadura (8) del anillo de rodamiento exterior (6) y una altura máxima de rampa ( $h_R$ ) que corresponde a la altura del borde ( $h_{BA}$ ) en el anillo de rodamiento exterior (6).

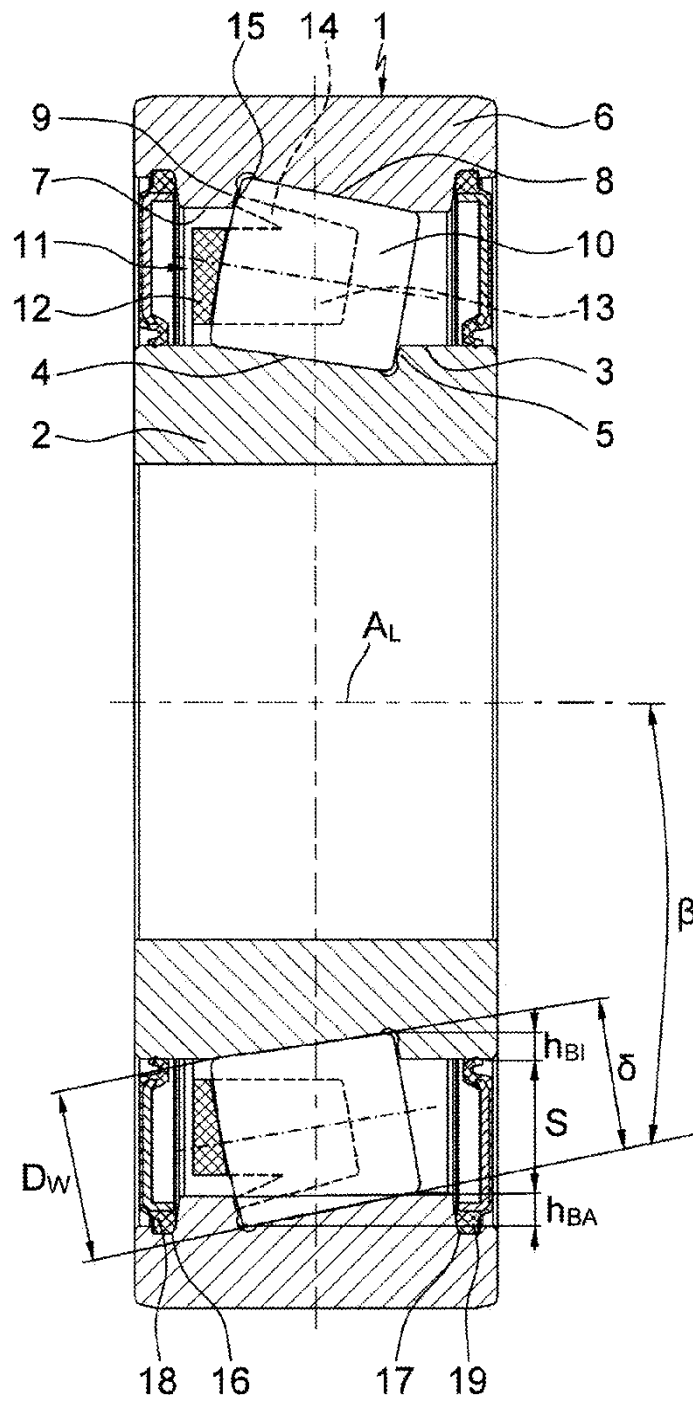


Fig. 1

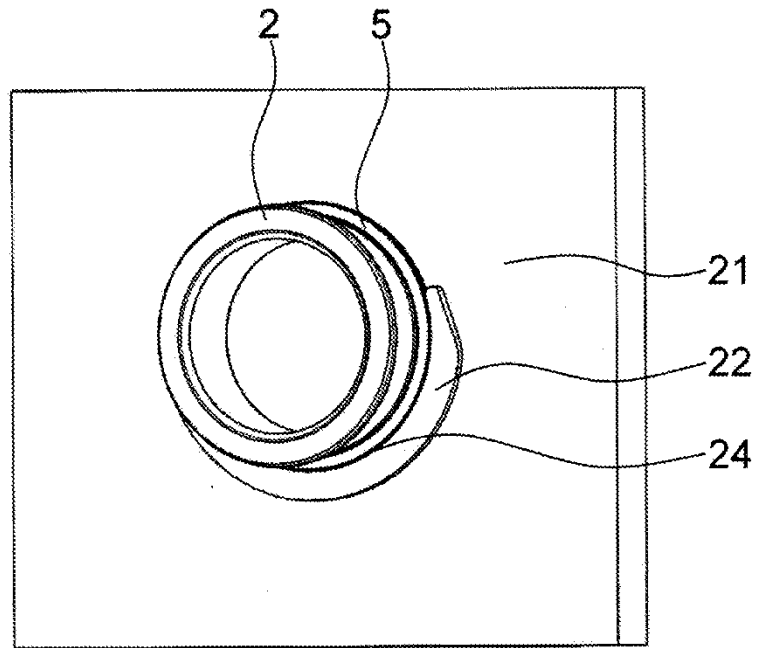


Fig. 2a

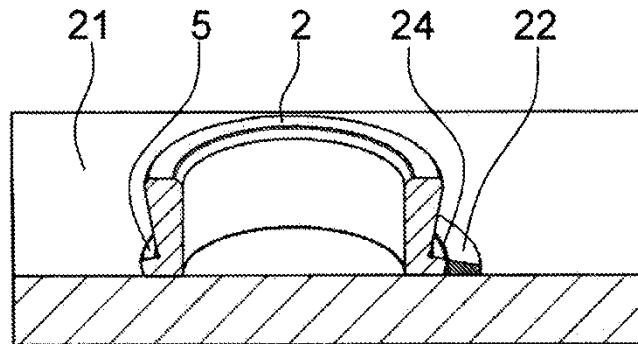


Fig. 2b

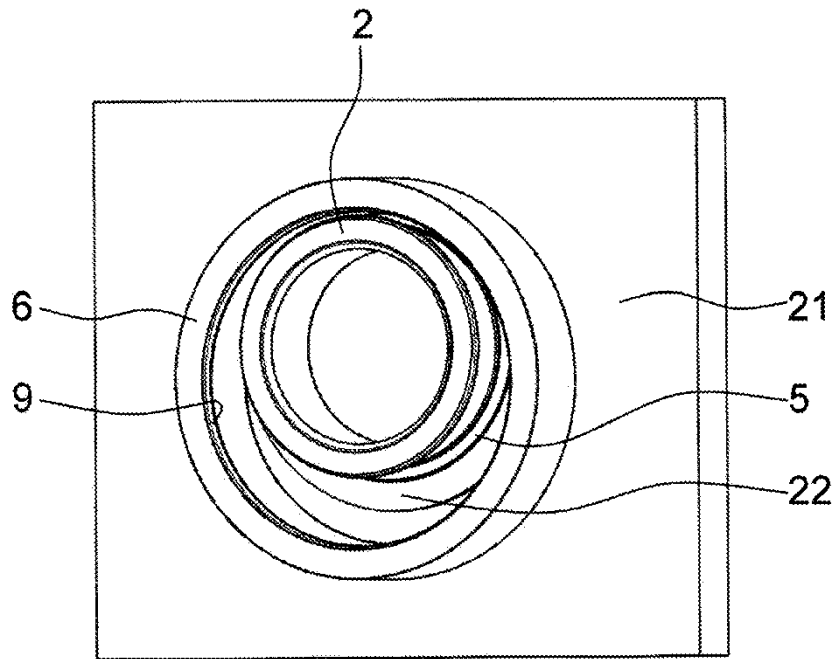


Fig. 3a

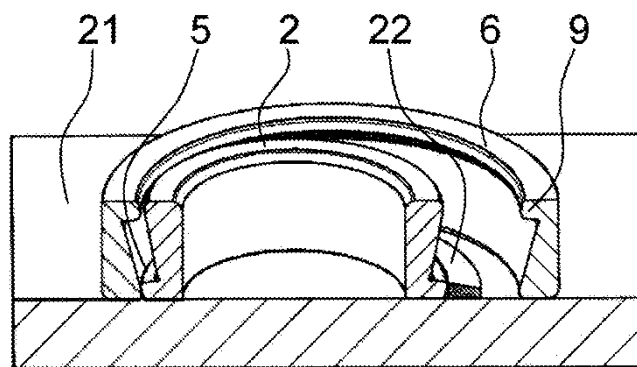


Fig. 3b

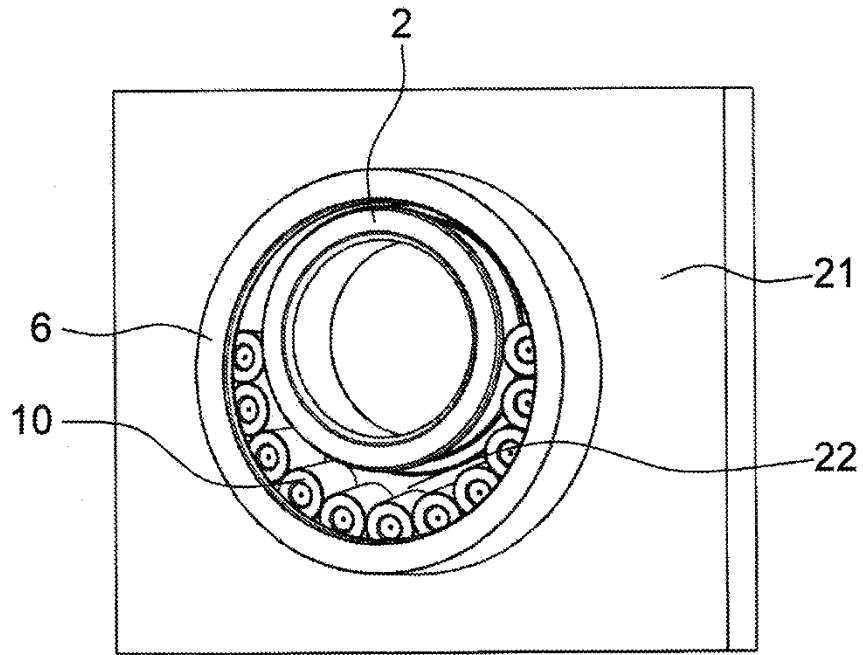


Fig. 4a

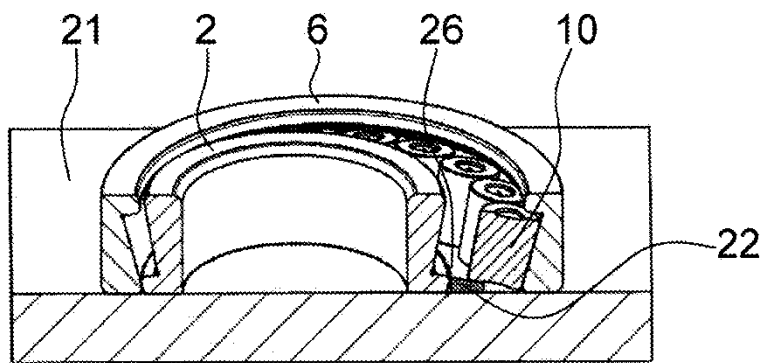


Fig. 4b

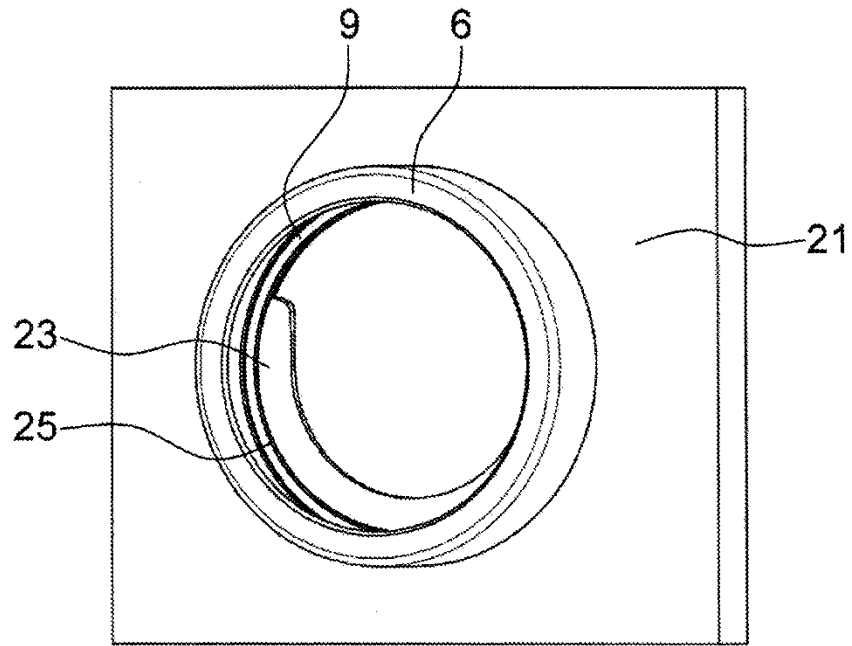


Fig. 5a

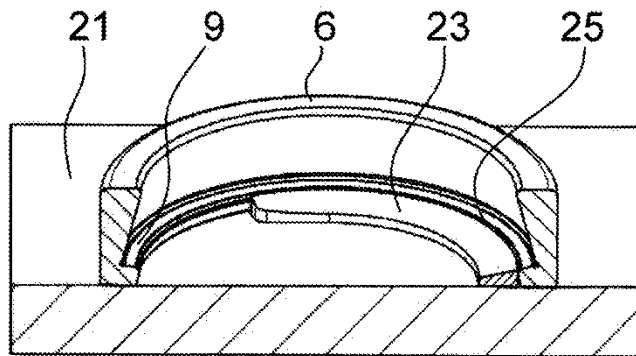


Fig. 5b

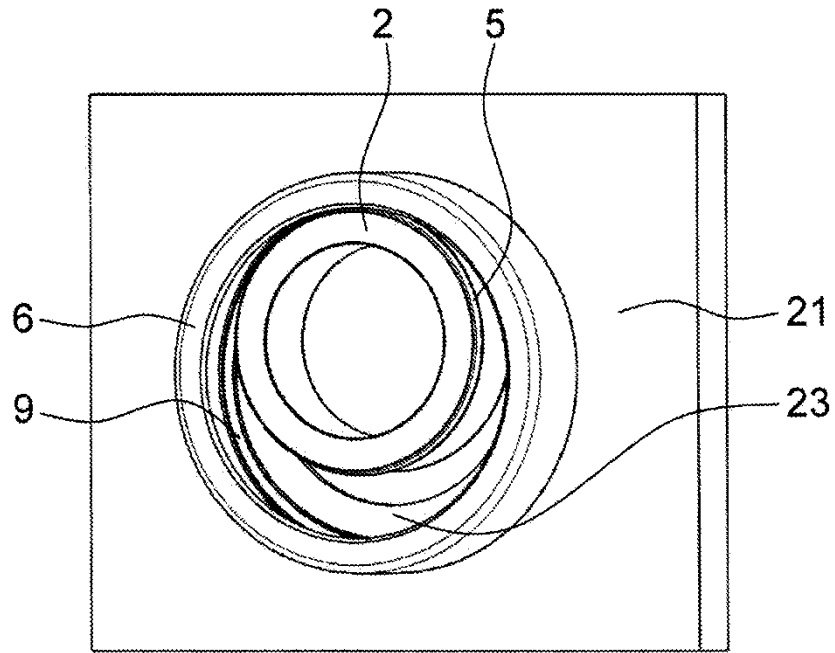


Fig. 6a

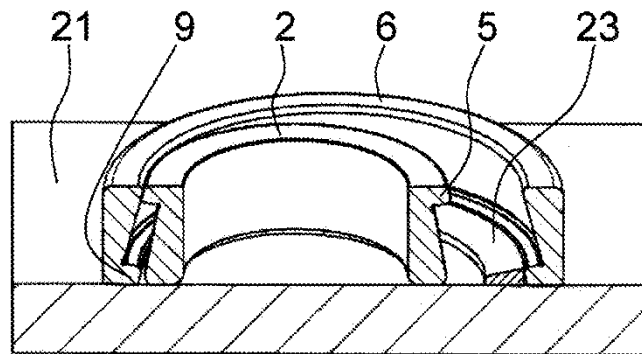


Fig. 6b



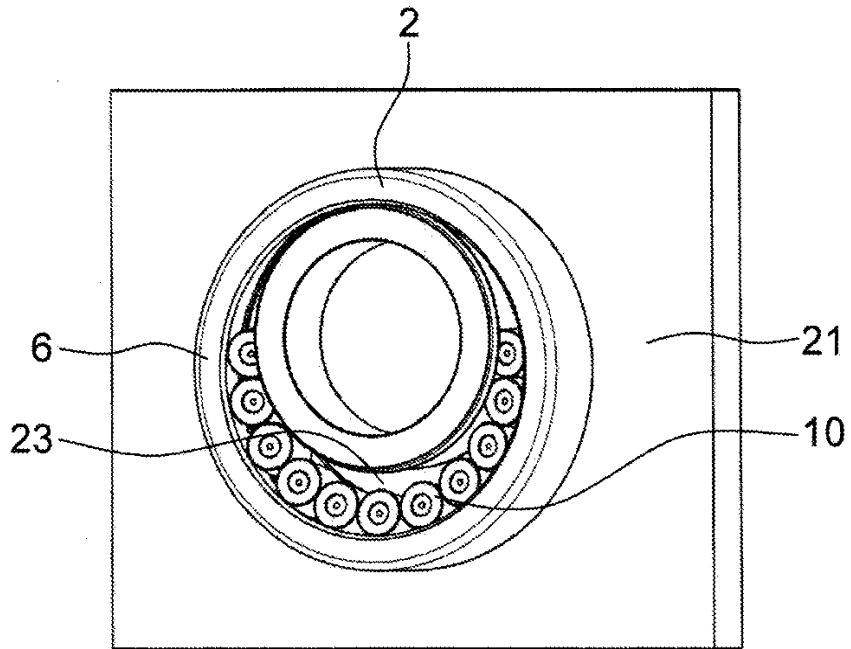


Fig. 7a

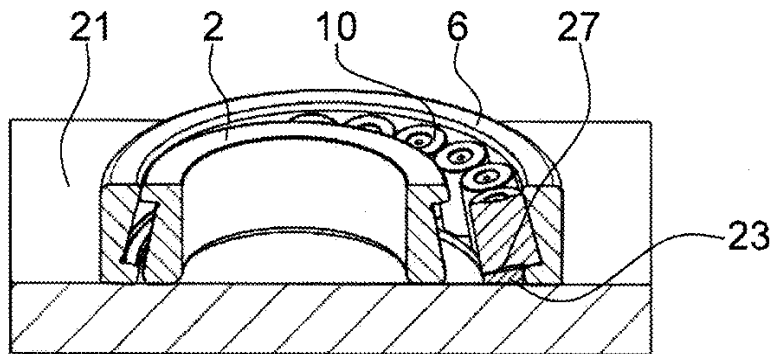


Fig. 7b

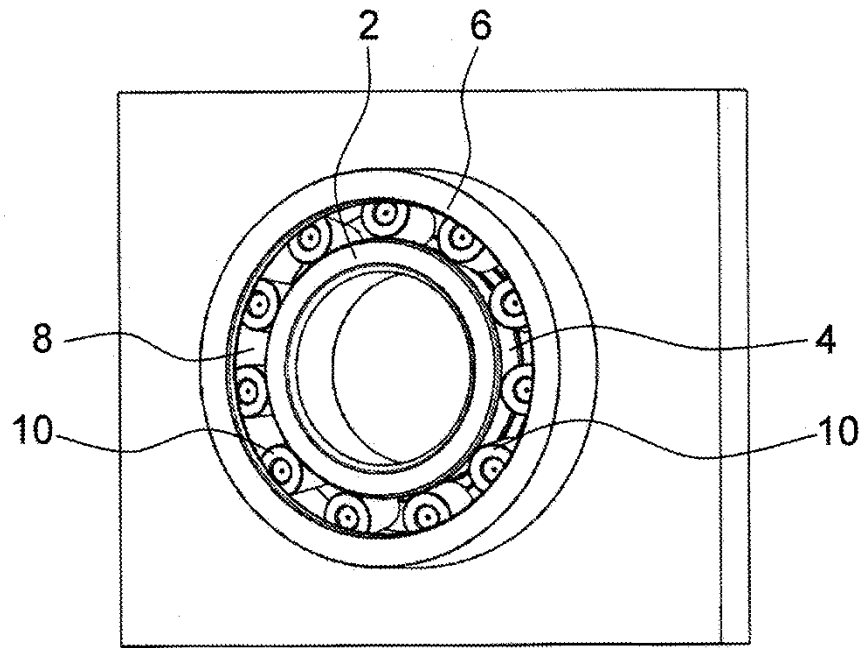


Fig. 8a

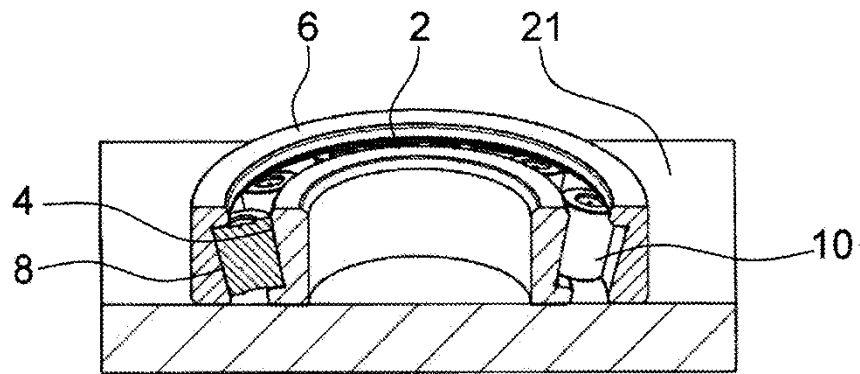


Fig. 8b

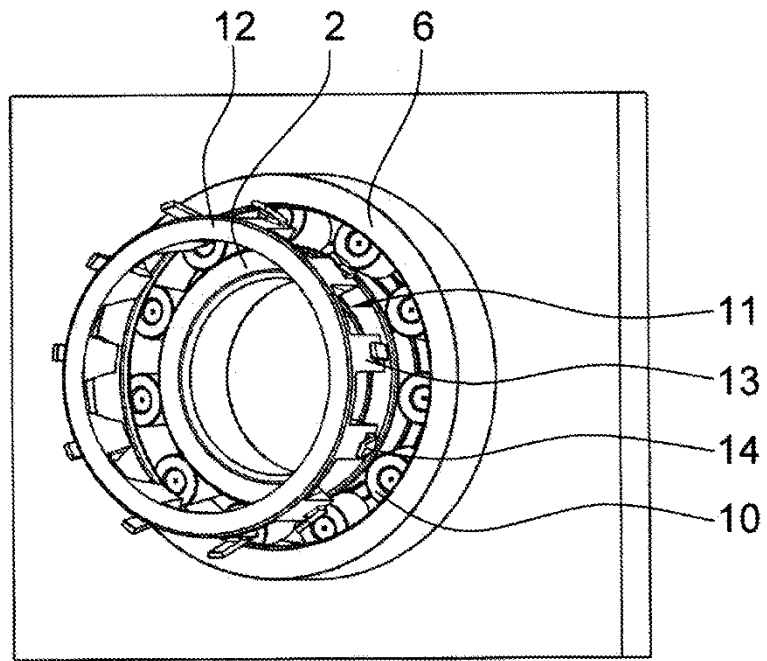


Fig. 9a

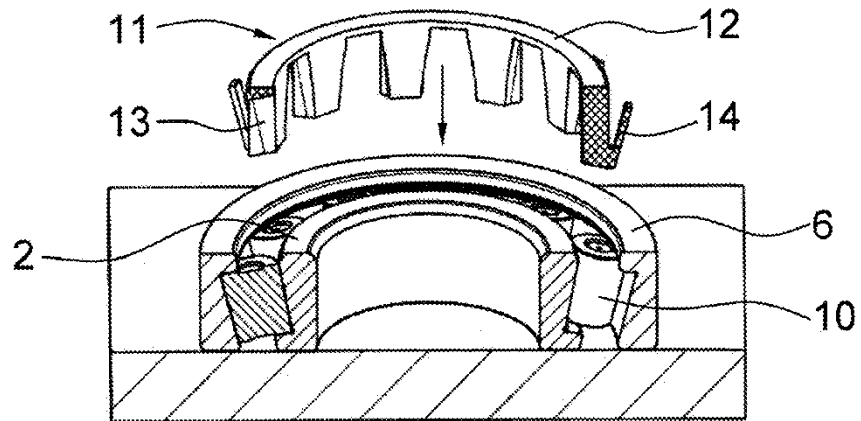


Fig. 9b

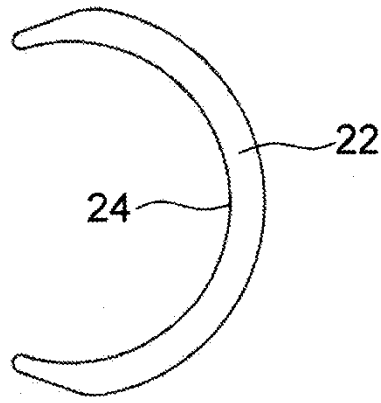


Fig. 10a

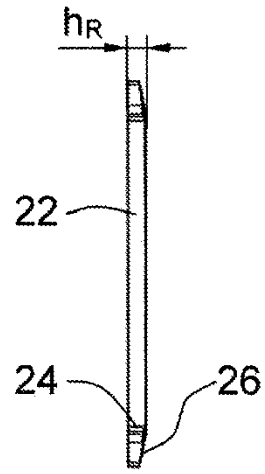


Fig. 10b

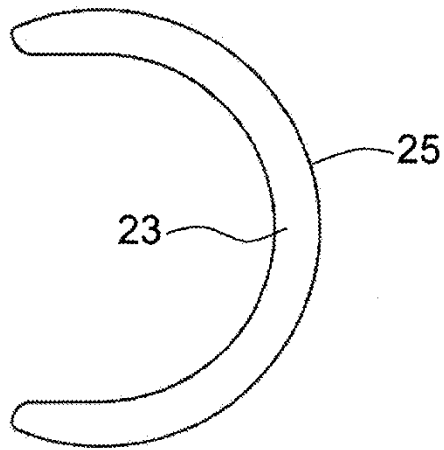


Fig. 11a

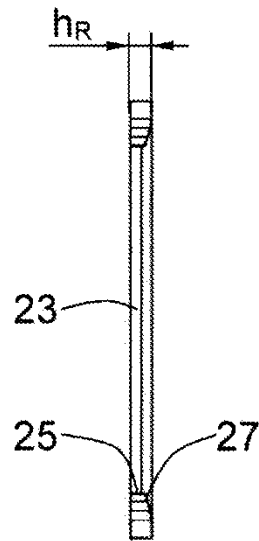


Fig. 11b