

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 555 115**

51 Int. Cl.:

B24B 39/04 (2006.01)

F16C 19/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.03.2013** **E 13158578 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.09.2015** **EP 2743032**

54 Título: **Procedimiento para la mecanización de una zona superficial de un anillo de rodamiento y anillo de rodamiento así como rodamiento**

30 Prioridad:

17.12.2012 DE 102012223475

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

29.12.2015

73 Titular/es:

**AKTIEBOLAGET SKF (100.0%)
415 50 Göteborg, SE**

72 Inventor/es:

VON SCHLEINITZ, THILO

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 555 115 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

Procedimiento para la mecanización de una zona superficial de un anillo de rodamiento y anillo de rodamiento así como rodamiento

5 La invención se refiere a un procedimiento para la mecanización de una zona superficial de un anillo de rodamiento. Además, la invención se refiere a un anillo de rodamiento y a un rodamiento.

10 Ya se conoce presionar una punta de herramienta deslizante o rodante, que está configurada, por ejemplo, como una bola, una semi-esfera, un disco o una rueda, sobre una pieza de trabajo y moverla, durante una rotación correspondiente de la pieza de trabajo, sobre su superficie. Tal modo de proceder se designa la mayoría de las veces como laminación con rodillos, laminación lisa o laminación de apisonamiento y tiene como consecuencia un alisado sin arranque de virutas de la rugosidad de la superficie de la pieza de trabajo y la generación de tensiones propias de presión en la pieza de trabajo. Las tensiones propias presión pueden ser influenciadas a través de la fuerza de presión de apriete de la punta de la herramienta contra la pieza de trabajo en su espesor y sobre el tamaño de la superficie de contacto, por ejemplo el radio de la bola o de la semi-esfera de la punta de la herramienta, en su desarrollo de la profundidad. La resistencia y la resistencia al desgaste de la superficie, su estabilidad dinámica (límite de fatiga, resistencia a la oscilación) y su porción de soporte se pueden elevar; se dificulta la formación de grietas a través de tensiones propias de presión. Las superficies lisas solidificadas en frío tienen, además, una resistencia elevada a la corrosión.

20 En las herramientas conocidas se presiona la punta dura de la herramienta sobre paquetes de platos de resorte o sobre una instalación hidráulica de agua o aceite en la pieza de trabajo. La punta de la herramienta está diseñada en versiones amortiguadas como bola rotatoria sobre la superficie de cerámica o como semi-esfera de diamante que se desliza sobre la superficie, en soluciones hidráulicas con preferencia como bola de cerámica alojada hidrostática y rodante.

25 En el caso de los paquetes de platos de resorte se consiguen una forma de construcción especialmente compacta y una formación rápida de la fuerza durante el contacto de la pieza de trabajo y la herramienta. No obstante, ya en el caso de desviaciones reducidas desde la posición teórica de presión de apriete, que pueden resultar a partir de errores de posición como a partir del contorno de la pieza de trabajo, se puede establecer una desviación considerable en la fuerza de procesamiento. De la misma manera, la histéresis de los paquetes de platos de resorte durante la carga y descarga conduce a fuerzas de mecanización oscilantes. La suspensión muy dura tiende, en el caso de una rugosidad correspondiente de la pieza de trabajo, a una oscilación fuerte de la punta de la herramienta, que influye en la calidad de la superficie, pero especialmente en el tiempo de actividad de la punta de la herramienta.

35 En el caso de la hidráulica, a través de un cilindro integrado en la herramienta se realiza una zona de carrera con fuerza de presión de apriete constante. Esta solución posee, en efecto, una fuerza de presión de apriete regulable y constante, pero tiene otros inconvenientes. Así, por ejemplo, se necesita un equipo hidráulico, cuya necesidad de conexión con la herramienta excluye la mayoría de las veces la utilización de un cambio automático de la herramienta en la máquina de procesamiento. Muchas máquinas de procesamiento trabajan, además, con emulsión basada en agua como lubricante de refrigeración, con lo que la utilización de aceite en la herramienta puede ser no deseable debido al peligro de enriquecimiento en la emulsión. Entonces la hidráulica debe accionarse con emulsión, lo que conduce, además de la lubricación más desfavorable y la resistencia a la presión, en virtud de su contenido en partículas duras y/o abrasivas, típico en máquinas de procesamiento, a pesar de la filtración, a una reducción de la vida útil del equipo hidráulico como también de la herramienta. Durante el deslizamiento de la punta de la herramienta sobre las partículas o bien durante la rodadura sobre las partículas a través de la punta de la herramienta se puede producir un daño de la punta de la herramienta y/o de la pieza de trabajo.

45 El documento EP 1 505 306 A1 publica un procedimiento para la mecanización sin arranque de virutas de una zona de la superficie de un anillo de rodamiento, en el que el anillo de rodamiento es desplazado en rotación con relación a una herramienta, que presenta una punta de herramienta, conduce la punta de la herramienta sobre la zona de la superficie y en este caso es presionada con una fuerza de presión de apriete contra la zona de la superficie.

50 El procedimiento de acuerdo con la invención se diferencia del procedimiento conocido por que se utilizan dos herramientas y las puntas de herramienta de las dos herramientas son guiadas a partir de posiciones de partida diferentes con relación a la zona de la superficie del anillo de rodamiento giratorio de movimiento opuesto entre sí sobre la zona de la superficie y son presionadas en este caso con una fuerza de presión de apriete contra la zona de la superficie, de manera que sobre la zona de la superficie de cada punta de la herramienta se configura una curva de la vía en forma de línea helicoidal o en forma de espiral, de tal manera que las curvas de la vía se solapan por secciones y se cruzan muchas veces entre sí en la zona de solape.

55 El documento EP 1 505 306 A1 publica de la misma manera un anillo de rodamiento con una zona de la superficie, que presenta un patrón de tensión propia de presión. El anillo de rodamiento de acuerdo con la invención se diferencia, por lo tanto, del anillo de rodamiento conocido por una zona de la superficie de los dos patrones de tensión propia de presión configurados en forma de línea helicoidal o en forma de espiral, que se solapan por

secciones y se cruzan muchas veces en la zona de solape.

La invención tiene el cometido de conseguir en el entorno de una producción en serie con un desgaste lo más reducido posible de la herramienta un alisado sin arranque de virutas de una zona de la superficie de un anillo de rodamiento y/o generar tensiones propias de presión definidas en tamaño y en el desarrollo de la profundidad dentro de una zona de la superficie de un anillo de rodamiento.

5

Este cometido se soluciona por medio de un procedimiento para la mecanización sin arranque de virutas de la zona de la superficie de un anillo de rodamiento. En el procedimiento de acuerdo con la invención, el anillo de rodamiento es desplazado en rotación con relación a dos herramientas, que presentan, respectivamente, una punta de herramienta. Las puntas de herramienta de las dos herramientas son guiadas, a partir de diferentes posiciones de partida, en movimiento opuesto entre sí con respecto a la zona de la superficie del anillo de rodamiento giratorio sobre la zona de la superficie y en este caso son prensadas con una fuerza de presión de apriete contra la zona de la superficie, de manera que sobre la zona de la superficie se configura por cada punta de la herramienta una curva de la vía en forma de línea helicoidal o en forma de espiral, de tal manera que las curvas de la vía se solamente por secciones y se cruzan muchas veces entre sí en la zona de solape.

10

La invención tiene la ventaja de que posibilita con gasto tolerable un alisado apto para producción en serie de una zona de la superficie de un anillo de rodamiento y/o una generación definida de tensiones propias de presión dentro de una zona de la superficie de un anillo de rodamiento. En este caso, es especialmente ventajoso que el desgaste de la herramienta se puede mantener muy reducido. Un anillo de rodamiento procesado de acuerdo con el procedimiento según la invención presenta una duración de vida útil larga. A través del cruce múltiple de trayectorias de la herramienta del tipo de roscas opuestas entre sí sobre la superficie de la pieza de trabajo, las curvas de la vía tienen en cada lugar distancias diferentes entre sí y de esta manera estados de tensión constantemente variables. Se evita una dirección preferida de las grietas en el sentido de un recorrido de tensión propia de la presión reducida constante.

15

20

Se pueden emplear puntas de la herramienta, que están fabricadas de diamante.

25

Las puntas de herramienta de las dos herramientas se pueden guiar, a partir de posiciones de partida, que están desplazadas entre sí alrededor de 180° con relación a la rotación del anillo de rodamiento, sobre la zona de la superficie. Esto tiene la ventaja de que las fuerzas ejercidas a través de la mecanización sobre el anillo de rodamiento casi se compensan y de esta manera no deben apoyarse por el alojamiento de la pieza de trabajo.

30

La punta de herramienta al menos de una de las herramientas se puede conducir a partir de una posición de partida, que está dispuesta con relación a la rotación del anillo de rodamiento en una zona extrema radial y/o axial de la zona de la superficie, sobre la zona de la superficie.

35

Las puntas de herramienta de las dos herramientas se pueden conducir a partir de zonas extremas radiales y/o axiales de la superficie, opuestas entre sí con relación a la rotación del anillo de rodamiento, sobre la zona de la superficie. Las puntas de herramienta de las dos herramientas se pueden conducir con relación a los componentes axiales y/o radiales del movimiento opuestos entre sí con relación a la rotación del anillo de rodamiento sobre la zona de la superficie. Este modo de proceder tiene la ventaja de que se pueden mantener reducidas las eventuales contracciones del anillo de rodamiento provocadas por la mecanización de acuerdo con la invención y se pueden configurar simétricas.

40

Las curvas de la vía se pueden configurar de manera que no se solapan entre sí. De esta manera es posible una igualación por secciones con el entorno no mecanizado.

45

La zona de solape se puede extender al menos sobre una zona de carga principal de la zona de la superficie, en la que una relación de carga, que se define como relación de la carga que aparece en el caso de una carga admisible máxima del anillo de rodamiento en el lugar respectivo con respecto a una carga que aparece máxima en toda la zona de la superficie, presenta continuamente al menos un valor mínimo predeterminado. El valor mínimo para la relación de la carga puede ser, por ejemplo, 0,8. De la misma manera es posible predeterminar un valor mínimo para la relación de la carga de 0,5. A través de este modo de proceder se puede asegurar que el rodamiento esté especialmente bien mecanizado en zonas especialmente críticas.

50

Las posiciones de partida de las puntas de herramienta de las dos herramientas pueden estar, respectivamente, fuera de la zona de carga principal. De esta manera se puede evitar un daño posiblemente grave consecuente de la zona de la superficie en la zona de carga principal.

55

En el marco del procedimiento de acuerdo con la invención se puede proceder de tal manera que la punta de herramienta de al menos una de las dos herramientas se apoya durante el procesamiento del anillo de rodamiento dentro de una zona de contacto que entra en contacto con la zona de la superficie del anillo de rodamiento, la fuerza de presión de apriete actúa a lo largo de una dirección de la fuerza y en un plano de avance, que se extiende a través de una normal de la superficie orientada en la zona de contacto perpendicularmente a la zona de la superficie

- y una dirección de avance, en la que se mueve la herramienta, la dirección de la fuerza está inclinada hacia la dirección de avance y forma un ángulo de menos de 2° con la normal de la superficie. Esto tiene la ventaja de otra reducción del desgaste. La dirección de la fuerza puede formar un ángulo de máximo 15° con la normal de la superficie. En particular, la dirección de la fuerza puede formar un ángulo de menos de 5° y/o máximo 10° con la normal de la superficie. En un plano cubierto perpendicularmente al plano de avance, la dirección de la fuerza puede formar un ángulo de máximo 1° con la normal de la superficie. Con respecto a la dirección circunferencial del anillo de cojinete, la dirección de la fuerza se puede extender paralelamente a la normal de la superficie. En este caso se parte de una paralelidad cuando el ángulo formado es inferior a 1°. De acuerdo con ello, la dirección de la fuerza puede estar inclinada exclusivamente dentro del plano de avance.
- 5
- 10 La punta de herramienta de al menos una de las dos herramientas se puede mover con una velocidad desde 0,05 mm/ revolución hasta 0,15 mm/ revolución. Una velocidad más elevada tiene como consecuencia una estructura estriada con rugosidad empeorada y una regulación no homogénea de las tensiones propias de presión. Una velocidad más baja conduce a una carga muy alta del material y a una duración poco rentable de la mecanización.
- 15 La zona de la superficie puede presentar una velocidad de la trayectoria de 50 m/mm a 150 m/min. Una velocidad más elevada reduce la duración de vida útil de la punta de la herramienta. Una velocidad más reducida dificulta el deslizamiento libre de oscilación y libre de fricción de la punta de la herramienta sobre la película de líquido.
- 20 La punta de herramienta de al menos una de las dos herramientas se puede prensar con una fuerza de presión de apriete de 200 N a 750 N contra la zona de la superficie. Esta zona es válida especialmente para una punta de la herramienta que presenta un radio de curvatura de 3 mm. Con un radio de curvatura menor se reduce tendencialmente la fuerza de presión de apriete necesaria, en el caso de un radio de curvatura mayor, se eleva tendencialmente la fuerza de presión de apriete necesaria. En el caso de anillos de rodamientos con diámetro pequeño se puede emplear una fuerza de presión de apriete más reducida que en el caso de anillos de rodamiento con diámetros grandes. Para el alisamiento se utiliza una fuerza de presión de apriete más reducida que para la generación de tensiones propias de presión. La fuerza de presión de apriete se puede elevar en función del trayecto de rodadura, que ha sido recorrido con la misma punta de la herramienta. De esta manera se puede compensar una acción más reducida de la punta de la herramienta como consecuencia de un aplanamiento condicionado por el desgaste.
- 25
- 30 En la dirección de avance de la herramienta y en la dirección de rotación del anillo de rodamiento delante de la punta de la herramienta sobre la zona de la superficie del anillo de rodamiento se puede configurar una película de un medio de refrigeración y/o de lubricación. En particular, a través de la alimentación de un medio de refrigeración y/o de lubricación se puede conseguir una flotación de la punta de la herramienta y de esta manera una separación al menos parcial entre la punta de la herramienta y la zona de la superficie. Esto contribuye a una reducción del desgaste de la punta de la herramienta.
- 35 La zona de la superficie se puede cepillar después del procesamiento sin arranque de virutas o se puede someter a un tratamiento de pulido deslizante. De esta manera se pueden eliminar o al menos reducir daños de la superficie sin una influencia considerable sobre la distribución de la tensión propia de presión generada con el procedimiento de acuerdo con la invención.
- 40 La invención se refiere, además, a un anillo de rodamiento con una zona de la superficie, que presenta dos patrones de tensión propia de presión configurados en forma de líneas helicoidales o en forma de espiral, que se solapan y se cruzan muchas veces en la zona de solape.
- 45 El anillo de rodamiento de acuerdo con la invención se caracteriza por una duración de vida útil alta y es muy resistente contra una formación de grietas. La geometría seleccionada del patrón de tensión propia de presión tiene como consecuencia estados de tensión constantemente variables. Se evita una dirección prioritaria de grietas en el sentido de un trayecto de tensión propia de presión rebajada constante.
- 50 Los patrones de tensión propia de presión pueden estar configurados por cavidades conformadas sin arranque de virutas. Los patrones de tensión propia de presión pueden presentar un sentido de giro opuesto entre sí.
- 55 Además, la invención se refiere a un rodamiento con un anillo de rodamiento configurado de acuerdo con la invención.
- El elemento elástico puede presentar una constante elástica de máximo 200 N/mm, con preferencia de máximo 150 N/mm, de manera especialmente preferida de 100 N/mm. Una curva característica elástica plana de este tipo tiene la ventaja de que la fuerza de presión de apriete de la punta de la herramienta frente a la zona de la superficie del anillo de rodamiento varía sólo en una medida insignificante, cuando se modifica la posición de la zona de la superficie en la dirección de la fuerza. La curva característica elástica plana conduce, también en el caso de ciertas desviaciones desde la suspensión teórica, a una fuerza de mecanización que se desvía sólo muy poco e impide como suspensión blanda al mismo tiempo la sobrecarga de la punta de la herramienta en el caso de rugosidades de la pieza de trabajo, con lo que se eleva esencialmente el tiempo de actividad. Una modificación de la posición y una

desviación implicada con ello desde la suspensión teórica pueden aparecer especialmente en piezas de trabajo grandes con su tolerancia naturalmente mayor de medida, ángulo y posición o en el casos, en los que el perfil de la zona mecanizada de la superficie sea seguido con la herramienta sólo aproximadamente, en el que se aproximan, por ejemplo secciones curvadas a través de rectas. En tales casos, es necesaria una constante elástica esencialmente pequeña. En cambio, si aparecen solamente tolerancias muy reducidas, se pueden conseguir también con una constante elástica mayor todavía buenos resultados.

El elemento elástico puede presentar una tensión previa de al menos 200 N. En este caso, para el alisamiento de la zona de la superficie son suficientes, en general tensiones previas más reducidas que para la generación de tensiones propias de presión suficientemente altas. La tensión previa puede ser como máximo 750 N. Estos valores se aplican especialmente para una punta de herramienta con un radio de curvatura de 3 mm.

El elemento elástico puede estar configurado, por ejemplo, como un muelle helicoidal. En el caso de un muelle helicoidal se puede realizar muy fácilmente una curva característica elástica plana. Además, están disponibles de manera ventajosa muelles helicoidales en casi todas las dimensiones concebibles y con casi todas las curvas características elásticas concebibles. Otra ventaja de los muelles helicoidales es que éstos son muy robustos. Es especialmente adecuado un muelle helicoidal con una sección transversal rectangular del alambre.

Al menos un extremo del elemento elástico puede estar alojado de forma giratoria. Con preferencia, ambos extremos del muelle helicoidal están alojados de forma giratoria. En particular, al menos un extremo del muelle helicoidal puede estar alojado de forma giratoria por medo de un cojinete de fricción. A través de un alojamiento giratorio se puede impedir que se configuren momentos de torsión perturbadores.

A través del concepto de punta de la herramienta se debe expresarse que se trata de una pieza extrema de la herramienta. Con ello no debe ir acompañada una limitación a una configuración en punta, por ejemplo con un radio de curvatura extremadamente pequeño. En particular, la punta de la herramienta puede estar redondeada. Un diámetro representativo de la punta de la herramienta puede estar entre 3 mm y 9 mm. Con preferencia, el diámetro representativo de la punta de la herramienta está entre 5 mm y 7 mm. Con diámetros más pequeños no se puede conseguir una mecanización eficiente y solamente se pueden conseguir tensiones propias de presión próximas a la superficie. En el caso de diámetros mayores es muy difícil posibilitar una mecanización de zonas marginales y se necesitan fuerzas de presión de apriete demasiado altas. El diámetro representativo de la punta de la herramienta puede ser definido como diámetro de una esfera óptimamente adaptada calculada por medio de un ajuste de mínimos cuadrados. En particular, la punta de la herramienta puede estar configurada esférica por secciones.

En general, la velocidad de la herramienta y la velocidad de la punta de la herramienta son idénticas y se pueden utilizar de manera intercambiable en muchos casos.

A continuación se explica en detalle la invención con la ayuda de las figuras. En este caso:

La figura 1 muestra una vista parcial de un ejemplo de realización de una máquina de procesamiento durante el funcionamiento en una vista lateral esquemática.

La figura 2 muestra un ejemplo de realización de la herramienta de acuerdo con la invención en una representación esquemática de la sección.

La figura 3 muestra el comienzo y el final de la mecanización del anillo de rodamiento en una representación fuertemente abstracta.

La figura 4 muestra una representación esquemática de dos variantes del posicionamiento y alineación angular de las dos herramientas con relación al anillo de rodamiento y

La figura 5 muestra una representación muy ampliada e idealizada de un patrón de curvas de la vía, que son configuradas por las puntas de herramienta de las dos herramientas durante la mecanización sobre la vía de rodadura del anillo de rodamiento.

La figura 1 muestra una vista parcial de un ejemplo de realización de una máquina de procesamiento durante el funcionamiento en una vista lateral esquemática.

La máquina de procesamiento presenta un alojamiento de la pieza de trabajo 1, que está alojado de forma giratoria alrededor de un eje de giro 2. Sobre el alojamiento de la pieza de trabajo 1 está dispuesto un anillo de rodamiento 3 y está conectado fijo contra giro con el alojamiento de la pieza de trabajo 1. El anillo de rodamiento 3 está dispuesto simétrico rotatorio al eje de giro 2 sobre el alojamiento de la pieza de trabajo 1. La dirección paralela con el eje de giro 2 del alojamiento de la pieza de trabajo 1 se designa a continuación como dirección axial, la dirección perpendicular al eje de giro 2 del alojamiento de la pieza de trabajo 1 se designa a continuación como dirección radial. La unión fija contra giro entre el anillo de rodamiento 3 y el alojamiento de la pieza de trabajo 1 se puede realizar, por ejemplo, a través de una fijación magnética o por medio de mordazas de fijación no representadas en

las figuras, que sujetan el anillo de rodamiento 3. De la misma manera, también es posible una combinación de fijación magnética y sujeción mecánica. En el ejemplo de realización representado, el anillo de rodamiento 3 está configurado como un anillo interior de un cojinete de rodillos cónicos y presenta una vía de rodadura cónica 4 y en la zona de un extremo axial presenta un borde de entrada 5 con una superficie de entrada 6. La vía de rodadura 4 y la superficie de rodadura 6 pueden ser procesadas con la máquina de mecanización y se agrupan a continuación también bajo el concepto genérico de “zona de la superficie”. Por lo tanto, por la zona de la superficie debe entenderse la vía de rodadura 4 y/o la superficie de rodadura 6 y/u otra zona parcial a mecanizar de la superficie del anillo de rodamiento 3.

Radialmente junto al anillo de rodamiento 3 están dispuestas dos herramientas 7 sobre lados diametralmente opuestos entre sí con respecto al eje de giro 2 del alojamiento de la pieza de trabajo 1. Con otras palabras, las herramientas 7 están dispuestas desplazadas entre sí alrededor de 180° en la dirección circunferencial del anillo de rodamiento 3. Un ejemplo de realización de las herramientas 7 se representa en la figura 2. Las herramientas 7 están fijadas, respectivamente, en un alojamiento de la herramienta 8, que puede mover las herramientas 7 en dirección axial y en dirección radial así como en combinaciones de estas direcciones. El movimiento en dirección axial y en dirección radial se indica en la figura 1 por medio de flechas. Los alojamientos de la herramienta 8 están diseñados de tal forma que es posible un cambio rápido de herramienta. En particular, los alojamientos de la herramienta 8 y los otros componentes no representados en las figuras de la máquina de mecanización pueden estar configurados de manera similar a una máquina giratoria dura. Por ejemplo, los alojamientos de la herramienta 8 pueden estar configurados, por decirlo así, como alojamientos Capto. Las herramientas 7 están constituidas, sin embargo, de forma totalmente diferente que en el caso de las herramientas de una máquina giratoria dura.

A diferencia de la representación de la figura 1, en principio también es posible que la máquina de mecanización presente solamente una única herramienta 7 o que la máquina de mecanización presente una herramienta 7 de acuerdo con la invención o una herramienta de mecanización configurada de otro tipo, por ejemplo una herramienta giratoria dura.

Las herramientas 7 presentan, respectivamente, una pieza de conexión 9, un dispositivo de articulación 10 y una pieza de cabeza 11. La pieza de conexión 9 está empotrada en el alojamiento de la herramienta 8 de la máquina de mecanización. La pieza de la cabeza 11 presenta un eje longitudinal 12 y es pivotable por medio del dispositivo de articulación 10 con relación a la pieza de conexión 9. A través del movimiento de articulación se modifica un ángulo α , que forma el eje longitudinal 12 de la pieza de la cabeza 11 con una normal de la superficie 13, que está orientada perpendicularmente a la zona de la superficie mecanizada, por ejemplo la vía de rodadura 4 o la superficie de entrada 6. Para la ilustración de esta geometría, los ejes longitudinales 12 de las partes de la cabeza 11 de las dos herramientas 7 y las normales de la superficie 13 en la figura 1 se representan en cada caso de nuevo por separado para otra posición de mecanización.

La figura 2 muestra un ejemplo de realización de la herramienta 7 en una representación esquemática de la sección. A continuación se explica en detalle especialmente la estructura de la pieza de la cabeza 11.

La pieza de la cabeza 11 presenta una carcasa 14m que puede tener, por ejemplo, la forma de un cilindro hueco y recibe parcialmente un soporte de la punta 15. El soporte de la punta 15 está configurado, por ejemplo, como un empujador y está dispuesto coaxialmente al eje longitudinal 12 de la pieza de la cabeza 11. En la zona de aquel extremo axial del soporte de la punta 15, que se proyecta fuera de la carcasa 14, está fijada una punta de la herramienta 16 en el soporte de la punta 15, en particular se une por soldadura. La punta de la herramienta 16 puede estar fabricada especialmente de diamante. La punta de la herramienta 16 presenta, por ejemplo, la forma de una semi-esfera y está colocada en el soporte de la punta 15 de tal manera que se mantiene una orientación predeterminada entre la pieza de la cabeza 11 y la rejilla de cristal de diamante. La semi-esfera presenta un diámetro entre 3 mm y 9 mm, con preferencia entre 5 mm y 7 mm. En lugar de una forma esférica, la punta de la herramienta 16 puede presentar también otra forma redondeada. Ésta se puede describir por un diámetro representativo, que está definido como el diámetro de la esfera mejor adaptado. La esfera mejor adaptada se puede calcular por medio de un ajuste de mínimos cuadrados dentro de la zona redondeada de la punta de la herramienta 16.

El soporte de la punta 15 está guiado en la carcasa 14 de tal manera que es móvil paralelamente al eje longitudinal 12 del elemento de cabeza 11. Para impedir una rotación del soporte de la punta 15, presenta un seguro contra giro 17. El seguro contra giro 17 puede estar configurado, por ejemplo, como una proyección, que engrana en una cavidad no representada en las figuras en la carcasa 14. Axialmente junto al soporte de la punta 15 están dispuestos en la carcasa 14 según la serie un primer cojinete de fricción axial 18, un elemento elástico 19, un segundo cojinete de fricción axial 20 y un tornillo de ajuste de la presión 21.

El elemento elástico está pretensado paralelamente al eje longitudinal 12 de la pieza de la cabeza 11 y está alojado de forma giratoria entre el primer cojinete de fricción axial 18 y el segundo cojinete de fricción axial 20, de manera que no se produce una torsión del elemento elástico 19. A través del primer cojinete de fricción axial 18, el elemento elástico 19 actúa sobre el soporte de la punta 15, de manera que sobre el soporte de la punta 15 y, por lo tanto,

también sobre la punta de la herramienta 16 a lo largo de una dirección de la fuerza, que coincide con el eje longitudinal 12 de la pieza de la cabeza 11, actúa una fuerza generada por el elemento elástico 19.

El primer cojinete de fricción axial 18 se puede configurar, por ejemplo, por un disco o por dos discos axialmente adyacentes, de manera que uno de los discos puede estar conectado fijamente con el soporte de la punta 15 y en particular puede estar configurado como componente integral del soporte de la punta 15 y presenta un diámetro mayor que el soporte de la punta 15. En colaboración con un saliente 22 configurado sobre el lado interior de la carcasa 14 se puede impedir de esta manera una caída del soporte de la punta 15 fuera de la carcasa 14. Cuando el disco mencionado no está conectado fijamente con el soporte de la punta 15, se limita a través del saliente 22 al menos el recorrido de resort del elemento elástico 19. En este caso, el soporte de la punta 15 se puede extraer fuera de la carcasa 14 sin expandir el elemento elástico 19. El segundo cojinete axial 20 se puede configurar de la misma manera por medio de un disco o por medio de dos discos.

El elemento elástico 19 dispuesto entre los cojinetes de fricción axiales 18, 20 puede estar configurado especialmente como un muelle helicoidal con una sección transversal con preferencia rectangular del alambre, es decir, que puede estar fabricado, por ejemplo, de un alambre con una sección transversal rectangular del material. A través de los cojinetes de fricción axiales 18, 20 se impide una torsión del muelle helicoidal y una variación implicada con ello de la fuerza, con la que el muelle helicoidal es presionado contra el soporte de la punta 15. Se puede provocar una torsión a través de una rotación del tornillo de ajuste de la presión de apriete 21 o a través de una suspensión del elemento elástico 19.

Con el tornillo de ajuste de la presión de apriete 21 se puede variar la tensión previa del elemento elástico 19. Una rotación hacia dentro del tornillo de ajuste de la presión de apriete 21 en la carcasa 14 tiene como consecuencia una tensión previa más elevada, una rotación hacia fuera tiene como consecuencia una tensión previa más reducida. El elemento elástico 19 presenta una curva característica muy plana, que es provocada por una constante elástica pequeña posible, de manera que la fuerza de recuperación solamente se modifica lentamente con el aplastamiento del elemento elástico 19 y es casi constante en el caso de un movimiento solamente reducido del soporte de la punta 15. Esto tiene como consecuencia que la tensión previa del elemento elástico 19 se puede calibrar también muy finamente a través de la rotación del tornillo de ajuste de la presión de apriete 21 cuando el tornillo de ajuste de la presión de apriete 21 no presenta ninguna rosca fina y, por lo tanto, el manejo es muy sencillo. Además, una curva característica elástica plana provoca que después de la aproximación de la herramienta 7 hacia el anillo de rodamiento 3 y, además, de la punta de la herramienta 16 sobre la vía de rodadura 4, la punta de la herramienta 16 es presionada también entonces con fuerza casi constante contra la vía de rodadura 4, cuando, por ejemplo, como consecuencia de tolerancias del anillo de rodamiento 3 y/o de la máquina de mecanización la profundidad de penetración del soporte de la punta 15 en la carcasa 14 varía en una medida insignificante durante la mecanización. Por ejemplo, desde el primer contacto de la punta de la herramienta 16 con la vía de rodadura 4 del anillo de rodamiento 3 hasta la posición de trabajo se puede prever un recorrido de presión de apriete de 1 mm a 2 mm y una tolerancia alrededor del punto de trabajo alcanzado entonces de +/- 0,25 mm. En esta zona, una fuerza de por ejemplo 600 N oscila solamente en torno a +/- 15 N. Por ejemplo, se puede emplear un elemento elástico 19, cuya constante elástica es 60 N/mm. En general, es posible una constante elástica de hasta máximo 200 N/mm. Con preferencia, la constante elástica debería ser como máximo 150 N/mm o mejor máximo 100 N/mm. Para conseguir a pesar de todo una tensión previa suficientemente alta de por ejemplo al menos 200 N, es necesario un aplastamiento muy fuerte del elemento elástico 19.

Una tensión previa alta del elemento elástico 19 tiene como consecuencia que durante la colocación de la punta de la herramienta 16, por ejemplo, sobre la vía de rodadura 4 del anillo de rodamiento 3, la punta de la herramienta 16 es presionada de forma repentina con una fuerza contra la vía de rodadura 4, que corresponde a la tensión previa. Para atenuar esta colocación dura y reducir el potencial de daño del primer contacto, se puede prever en serie con el elemento elástico 19 otro elemento elástico no representado en las figuras, que presenta una curva característica elástica esencialmente más empinada y no está pretensado o solamente en una medida mínima. En este caso, por ejemplo, a través de otro saliente no representado en las figuras se puede impedir que la tensión previa del elemento elástico 19 actúe sobre el otro elemento elástico. Esto tiene entonces como consecuencia que la presión de apriete de la punta de la herramienta 16 durante el primer contacto con la vía de rodadura 4 sea en primer lugar casi igual a cero y se incrementa a medida que aumenta la aproximación de la herramienta 7 al anillo de rodamiento 3 rápidamente sobre la presión de apriete prevista para la mecanización. Se pueden evitar una suspensión del otro elemento elástico y un debilitamiento fuerte implicado con ello de la presión de apriete, presionando el soporte de la punta 15 todavía un poco más en la carcasa 14 a través de una aproximación adicional de la herramienta 7 hacia el anillo de rodamiento 3 después del aplastamiento completo del otro elemento elástico y de esta manera aplastando el elemento elástico 19.

En el otro elemento elástico se puede tratar, por ejemplo, de un plato de resorte relativamente blando, que está dispuesto entre el soporte de la punta 15 y el primer cojinete de fricción axial 18 y en el estado cargado es presionado a través de la fuerza de presión previa del elemento elástico 19 sobre la base elástica dura. En el estado no cargado, el plato de resorte blando presiona el soporte de la punta 15 fuera de la carcasa 14, hasta que está

distendido.

5 Como se deduce a partir de las figuras 1 y 2, el eje longitudinal 12 de la pieza de la cabeza 11 y, por lo tanto, la
 dirección de la fuerza, con la que la punta de la herramienta 16 es presionada durante la mecanización contra la vía
 de rodadura 4, no están alineados perpendiculares a la vía de rodadura 4 o bien paralelos a la normal de la
 superficie 13. En su lugar, el eje longitudinal 12 de la pieza de la cabeza 11 y, por lo tanto, la dirección de la fuerza
 10 de avance de la herramienta 7, forman un ángulo α mayor de 0° con la normal de la superficie 13. El ángulo α puede
 tener entre 2° y 15° , en particular entre 5° y 10° . En este caso, la dirección de la inclinación de la pieza de la cabeza
 11 de la herramienta 7 se selecciona de tal manera que la pieza de la cabeza 11 está inclinada en la dirección de
 avance, es decir, que el eje longitudinal 12 de la pieza de la cabeza 11 forma con la dirección de avance un ángulo
 inferior a 90° . En la figura 1, la dirección de avance de la herramienta 7 representada a la izquierda en el plano del
 dibujo se extiende inclinada hacia arriba y la dirección de avance de la herramienta 7 representada a la derecha en
 el plano del dibujo se extiende inclinada hacia abajo. Con respecto a la dirección circunferencial del anillo de
 15 rodamiento 3, el eje longitudinal 12 de la pieza de la cabeza 11 está orientado perpendicularmente a la vía de
 rodadura 4, es decir, que el eje longitudinal 12 de la pieza de la cabeza 11 se encuentra dentro del plano de avance.
 El ángulo α se designa, por lo tanto, a continuación como ángulo de reapriete, puesto que la punta de la herramienta
 16 es reapretada con el soporte de la punta 15 en la dirección de avance.

20 Para la ilustración de la geometría se representan en la figura 1 el eje longitudinal 12 de la pieza de cabeza 11 y la
 normal de la superficie 13 de la vía de rodadura 4, respectivamente, a una distancia de la posición de mecanización
 actual. El movimiento de avance se extiende en la figura 1 entre los dos extremos axiales del anillo de rodamiento 3,
 respectivamente, paralelos a la vía de rodadura 4 y se genera a través de una superposición de un movimiento en
 dirección axial del alojamiento de la pieza de trabajo 1 y de un movimiento en dirección radial del alojamiento de la
 pieza de trabajo 1. En la figura 2 se indica la dirección de avance de la herramienta 7 por medio de una flecha.

25 A través de la geometría descrita anteriormente se consigue que la punta de la herramienta 16 se deslice sobre
 irregularidades de la superficie y las presione planas, sin engranar con ellas favoreciendo el desgaste y sin tener
 tendencia a la oscilación. Las pistas de mecanización generadas a través del procesamiento previo de la vía de
 rodadura 4 son esencialmente radiales circunferenciales, de manera que durante el movimiento en la dirección de
 avance aparecen como irregularidades de la superficie. Otra consecuencia de la geometría descrita anteriormente
 30 consiste en que la punta de la herramienta 16 es desgastada principalmente dentro de una zona de desgaste, que
 no está dispuesta coaxialmente al eje longitudinal 12 de la pieza de la cabeza 11. Por lo tanto, en principio existe la
 posibilidad de posicionar de nuevo la punta de la herramienta 16 y proseguir la mecanización con la misma punta de
 la herramienta 16 fuera de la zona de desgaste. Además, esta geometría posibilita una mecanización de la vía de
 rodadura 4 con la herramienta 7 hasta muy cerca del borde de guía 5. No obstante, el ángulo de reapriete α no se
 puede seleccionar discrecionalmente grande, puesto que a medida que se incrementa el ángulo de reapriete α , se
 35 elevan las fuerzas de fricción entre el soporte de la punta 15 y la carcasa 14, la soldadura u otra fijación de la punta
 de la herramienta 16 en el soporte de la punta 15 se carga cada vez más a cizallamiento y se necesita una tensión
 previa cada vez más elevada del elemento elástico 19 para la generación del mismo componente normal de la
 fuerza de presión, con la que la punta de la herramienta 16 es presionada contra la vía de rodadura 4. Las
 40 repercusiones descritas hasta ahora del ángulo de reapriete α se podrían conseguir también con una posición
 inclinada de la cabeza de mecanización en simetría de espejo con la normal de la superficie, es decir, con una punta
 de la herramienta 16 adelantada. Sin embargo, esto conduciría en una consideración dinámica, es decir, en el caso
 de un movimiento de avance a una excitación a oscilación fuerte del soporte de la punta 15 a través de las
 irregularidades de la superficie. Esto conduciría de nuevo a irregularidades de la mecanización y a picos de carga y
 en último término a una reducción considerable de la duración de vida útil de la punta de la herramienta 16.

45 En principio, también sería posible inclinar el eje longitudinal 12 de la pieza de cabeza 11 también en dirección
 circunferencial del anillo de rodamiento 3, puesto que en esta dirección a través de la rotación del rodamiento 3
 durante la mecanización tiene lugar de la misma manera un movimiento. Debido a la velocidad de movimiento muy
 alta del anillo de rodamiento 3 en dirección circunferencial, que es un múltiplo mayor que la velocidad de avance de
 la herramienta 7, no resulta a partir del movimiento circunferencial, sin embargo, de todos modos ninguna excitación
 50 considerable a oscilación. A ello hay que añadir todavía que la vía de rodadura 4 del anillo de rodamiento 3 presenta
 principalmente pistas de mecanización, por ejemplo a través de rectificación o torneado, que se extienden en
 dirección circunferencial. Un movimiento en dirección circunferencial se realiza, por lo tanto, esencialmente paralelo
 a las pistas de mecanización. Un movimiento en la dirección de avance se realiza, en cambio, transversalmente a la
 dirección circunferencial y, por lo tanto, también transversalmente a las pistas de mecanización y, por consiguiente,
 55 está unido con una excitación a oscilación fuerte. Por este motivo, es necesaria la inclinación del eje longitudinal 12
 de la pieza de cabeza 11 en la dirección de avance. Una inclinación del eje longitudinal 12 de la pieza de cabeza 11
 en dirección circunferencial ni es necesaria, pero tampoco repercute negativamente. A tal fin, se contemplan
 especialmente las mismas zonas angulares que se han descrito para la dirección de avance.

60 Otra medida para la reducción del desgaste consiste en equipar la máquina de mecanización con una instalación no
 representada en las figuras, que transporta un medio de refrigeración y/o de lubricación en la zona del contacto entre

la punta de la herramienta 16 y la vía de rodadura 4. La presión de transporte puede ser aproximadamente 20 bares y más. De esta manera se puede generar una separación al menos parcial entre la punta de la herramienta 16 y la vía de rodadura 4 en forma de flotación. A tal fin, la punta de la herramienta 16 debe ser atacada por la corriente desde la dirección principal de la marcha, que resulta a partir de la rotación del alojamiento de la pieza de trabajo 1 y desde la dirección secundaria de la marcha, que resulta a partir del avance de la herramienta 7, con una película de medio cerrada y libre de burbujas así como lo más densa y resistente a la presión posible sobre la vía de rodadura 4 o bien sobre la superficie de entrada 6 del anillo de rodamiento 3. La dirección del flujo de la película de medio debe ser tal que la circulación y la turbulencia generadas por la punta de la herramienta 16, que representan al mismo tiempo una zona de baja presión, incide en contra de la dirección de la marcha. Al medio utilizado, normalmente un medio de refrigeración y/o de lubricación a base de aguase pueden añadir en la porción de aceite aditivos que elevan la estabilidad de la presión del medio. Sin embargo, la porción de agua debe predominar para garantizar una disipación óptima del calor desde la punta de la herramienta 16.

Para un ataque de la corriente óptimo de la punta de la herramienta 16 puede ser óptimo seleccionar una realización integrada en la herramienta 7 para el medio de refrigeración y/o de lubricación, que es alimentado en el lado de la máquina a través del alojamiento de la herramienta 8 y el medio se conduce el medio a través de la herramienta 7 a la posición deseada con relación a la punta de la herramienta 16. Para alcanzar una película suficiente de los medios sobre la pieza de trabajo pueden ser necesarias varias salidas del chorro de medios.

Con la herramienta 7 descrita anteriormente, en combinación con una instalación de refrigeración y/o de lubricación adecuada para el caso de una superficie solamente rectificada y superficie no cepillada se puede conseguir un recorrido de deslizamiento de la punta de la punta de la herramienta 16 sobre el anillo de rodamiento 3 de aproximadamente 100 km hasta la estampación de un aplanamiento de la punta de la herramienta 16, que repercute de manera no tolerable ya sobre la configuración de las tensiones propias de presión. De acuerdo con ello, debe seleccionarse otra zona de la punta de la herramienta 16 para el contacto con la vía de rodadura 4 o bien de la superficie de entrada 6 o la punta de la herramienta 16 deben sustituirse. Un cambio de la punta de la herramienta 16 es posible entonces con un gasto comparativamente reducido, cuando durante el cambio se mantiene la tensión previa del elemento elástico 19. En el caso de cambio de la punta de la herramienta 16 no se descompone la parte de la cabeza 11 de la herramienta 7 y no se expande el elemento elástico 19. De esta manera, no tiene importancia una nueva calibración de la tensión previa del elemento elástico 19 después del cambio de la punta de la herramienta 16. Esto es posible, por ejemplo, cuando el soporte de la punta de la herramienta 16 no está conectado fijamente con el primer cojinete de fricción axial 18 y se puede extraer fuera de la carcasa 14. En este caso, se recomienda un seguro contra pérdida, que impide una caída imprevista del soporte de la punta 15 fuera de la carcasa 14.

La máquina de mecanización está diseñada de tal forma que desplaza en rotación el anillo de rodamiento 3, de tal manera que la vía de rodadura 4 o bien su superficie de entrada 6 presenta con relación a la punta de la herramienta 16 una velocidad de por ejemplo 50 m/min. y 150 m/min, con preferencia 120 m/min. El avance de la herramienta 7 se realiza transversalmente a la dirección circunferencial del anillo de rodamiento 3 y puede tener, por ejemplo, desde 0,05 mm/revolución hasta 0,15 mm/revolución. En este caso, respectivamente, se hace referencia a la rotación del anillo de rodamiento 3. Para la fuerza de presión de apriete, con la que la punta de la herramienta 16 es presionada contra la vía de rodadura 4 o contra la superficie de entrada 6 del anillo de rodamiento 3, se pueden aplicar, por ejemplo, valores entre 250 y 750 N, cuando como punta de la herramienta 16 se utiliza una semi-esfera de diamante con un diámetro de 6 mm. A través de la mecanización con la punta de la herramienta 16 se puede reducir la rugosidad de la vía de rodadura 4 ya antes de la mecanización fina o de la superficie de entrada 6 del anillo de rodamiento 3 desde, por ejemplo, Ra 0,45 hasta Ra 0,15 o desde Ra 0,30 hasta Ra 0,05.

Con la máquina de mecanización se pueden generar en el anillo de rodamiento 3 tensiones propias de presión de hasta 1000 MPa hasta 500 micrómetros de profundidad con un máximo de 100 a 200 micrómetros de profundidad. La profundidad se calcula en este caso a partir de la superficie del anillo de rodamiento 3. Cuanto mayor es el diámetro de la punta de la herramienta 16, tanto mayor es la profundidad alcanzable. Cuanto mayor es la fuerza de presión de apriete utilizada, tanto mayores son las tensiones propias de presión que se pueden generar. En efecto, se pueden conseguir valores más altos que 1000 MPa, pero la duración de vida útil del producto no es tolerable.

Para posibilitar una colocación precisa de la punta de la herramienta 16 sobre la vía de rodadura 4 o la superficie de entrada 6 del anillo de rodamiento 3, se puede prever para la instalación respectiva por primera vez de la máquina de mecanización en una forma de realización del anillo de rodamiento 3 un dispositivo de aplicación por láser para marcar un lugar de la vía de rodadura 4 o de la superficie de entrada 6 del anillo de rodamiento 3, en el que se apoya la punta de la herramienta 16, Sobre la base de la función calculada de esta manera se puede realizar un ajuste de la herramienta, que se puede mantener para la mecanización de otros anillos de rodamiento 3 de la misma forma de realización. El dispositivo de aplicación por láser puede estar colocado especialmente en la pieza de la cabeza 11 de la herramienta 7.

Con la herramienta 7 se puede procesar la vía de rodadura 4 o la superficie de arranque 6 del rodamiento 3. Cono se representan en la figura 1, a tal fin se posicionan dos herramientas 7, de tal manera que sus puntas de la

herramienta 16 se apoyan en zonas extremas axiales opuestas entre sí de la vía de rodadura 4 sobre lados diametralmente opuestos entre sí del anillo de rodamiento 3. Las herramientas 7 se aproximan en cada caso todavía más fuertemente más allá del primer contacto de la punta de la herramienta 16 con la vía de rodadura 4 hacia el anillo de rodamiento 3, de manera que el soporte de la punta 15 penetra elásticamente en cada caso aproximadamente desde 1 mm hasta 2 mm en la carcasa 14 y en este caso aplasta de manera correspondiente el elemento elástico 19. A través de la fuerza de recuperación generada por el elemento elástico 19 se prensa la punta de la herramienta 16 respectiva contra la vía de rodadura 4 del anillo de rodamiento 3. Como consecuencia de la tensión previa fuerte, la presión de apriete, con la se prensa la punta de la herramienta 16 contra la vía de rodadura 4, es un múltiplo mayor que la que correspondería a la fuerza de recuperación, generada a través del movimiento de ajuste, del elemento elástico 19 distendido.

Para la mecanización de la vía de rodadura 4 del anillo de rodamiento 3 se posiciona el anillo de rodamiento 3 con al borde de entrada 5 por delante coaxialmente al eje de giro 2 del alojamiento de la herramienta 1, de manera que el borde de entrada 5 del anillo de rodamiento 3 está dispuesto adyacente al alojamiento de la pieza de trabajo 1. En esta posición, se fija el anillo de rodamiento 3 en el alojamiento de la pieza de trabajo 1. La fijación se puede realizar, por ejemplo, por medio de mordazas de fijación no representadas en las figuras y/o magnéticamente. Las mordazas de fijación pueden incidir especialmente en la periferia interior del anillo de rodamiento.

Después de la fijación del anillo de rodamiento 3 se desplaza en rotación el alojamiento de la herramienta 1 y de esta manera también el anillo de rodamiento 3. La velocidad de rotación se puede seleccionar, por ejemplo, de tal manera que sobre la vía de rodadura 4 del anillo de rodamiento 3 resulta un valor medio aritmético de la velocidad de la trayectoria de 120 m/min. A continuación se aproximan las herramientas 7 de la vía de rodadura 4 del anillo de rodamiento 3, de manera que sus puntas de la herramienta 16 entran en contacto con la vía de rodadura 4. Después del primer contacto entre las puntas de la herramienta 16 y la vía de rodadura 4 se aproximan de nuevo todavía más las herramientas 7 a la vía de rodadura 4, de manera que los soportes de la punta 15 se sumergen, por ejemplo, de 1 mm a 2 mm más profundos en la carcasa 14 y en este caso aplastan en primer lugar los otros elementos elásticos antepuestos para la formación de la presión comenzando en cero y a continuación los elementos elásticos 19, en general, el mismo recorrido. Debido a la curva característica elástica plana se eleva la fuerza de recuperación y, por lo tanto, la fuerza de presión de apriete de la punta de la herramienta 16 respectiva contra la vía de rodadura 4 a través de la inmersión siguiente del soporte de la punta 15 en la carcasa 14, respectivamente, sólo en una medida insignificante. La formación de la presión de apriete en el marco del contacto mecánico descrito anteriormente de la vía de rodadura 4 a través de la punta de la herramienta 16, según las posibilidades, se distribuye sobre al menos 10 revoluciones del anillo de rodamiento 3, para mantener lo más reducido posible el peligro de un daño de las puntas de la herramienta 16 o de la vía de rodadura 4. Un daño de la vía de rodadura 4 se puede realizar mecánicamente a través de un bordillo geométrico resultante, pero también a través de un gradiente demasiado grande de las tensiones propias de la presión generadas.

Como se deduce a partir de la figura 1, se colocan las puntas de herramienta 16 de las dos herramientas 7 con relación al eje de giro 2 del alojamiento de la pieza de trabajo 1 sobre lados diametralmente opuestos sobre la vía de rodadura 4. Con otras palabras, las zonas de contacto de las puntas de la herramienta 16 de las dos herramientas 7 con la vía de rodadura 4 están desplazadas en dirección circunferencial del anillo de rodamiento 3 alrededor de 180° entre sí. Esta geometría tiene como consecuencia que las fuerzas ejercidas a través de las puntas de las herramientas 16 sobre el anillo de rodamiento 3 se compensan aproximadamente y de este modo no conducen a un desprendimiento del anillo de rodamiento 3 desde el alojamiento de la pieza de trabajo 1.

Además, las puntas de herramienta 16 de las dos herramientas 7 se colocan en zonas extremas axiales opuestas entre sí sobre la vía de rodadura 4. En el ejemplo de realización representado en la figura 1, la punta de la herramienta 16 de una de las herramientas 7 se coloca en la zona del diámetro mínimo o adyacente al diámetro mínimo de la vía de rodadura 4 sobre la vía de rodadura 4. La punta de herramienta 16 de la otra herramienta 7 se coloca en la zona del diámetro máximo o adyacente al diámetro máximo 4 sobre la vía de rodadura 4.

Como consecuencia de la tensión previa de los elementos elásticos 19 se prensan las puntas de herramienta 16 de las dos herramientas 7, respectivamente, inmediatamente después de la colocación sobre la vía de rodadura 4 del anillo de rodamiento 3 con la fuerza de presión de apriete total, prevista para la mecanización, contra la vía de rodadura 4. Sin otras medidas se produciría una colocación dura de las puntas de las herramientas 16 sobre la vía de rodadura 4, de manera que existe el riesgo de un daño local de la vía de rodadura 4. Este riesgo se puede reducir colocando delante del elemento elástico 19 otro elemento elástico, que presenta una curva característica elástica claramente más empinada que el elemento elástico 19 y no está pretensado o sólo en una medida insignificante. De manera alternativa o adicional, existe la posibilidad de colocar las puntas de la herramienta 16, respectivamente, en una zona sobre la vía de rodadura 4, en la que un daño no influye en una medida inadmisibles sobre el modo de funcionamiento del anillo de rodamiento 3. Esta condición se cumple, en general, en las zonas extremas axiales de la vía de rodadura 4, puesto que allí en el caso de un rodamiento con el anillo de rodamiento 3 de acuerdo con la invención, por ejemplo como consecuencia del acortamiento de los cantos de los cuerpos rodantes y, dado el caso, de una curvatura adicional de la superficie envolvente de los cuerpos rodantes no tiene lugar un contacto entre los cuerpos rodantes y la vía de rodadura 4 o bien en el caso de un contacto, solamente aparecen cargas reducidas.

Más detalles a este respecto se explican con la ayuda de la figura 4.

Después de la colocación de las puntas de las herramientas 16 sobre la vía de rodadura 4 se mueven las dos herramientas 7 axialmente una con respecto a la otra. Esto se consigue por que los movimientos de avance de las dos herramientas 7 son opuestos entre sí durante la mecanización del anillo de rodamiento 3 con respecto a la vía de rodadura 4. Los movimientos de avance son en cada caso, por ejemplo, 0,10 mm/revolución. En este caso, los ejes longitudinales 12 de los soportes de la punta 11 están inclinados, respectivamente, alrededor del ángulo de reapriete α ya mencionado en la dirección de avance de las dos herramientas 7. Aunque la rotación del anillo de rodamiento 3 tiene como consecuencia un movimiento relativo considerablemente más alto entre las puntas de las herramientas 16 y la vía de rodadura 4 que el movimiento de avance de las herramientas 7, y una inclinación de los ejes longitudinales 12 de las piezas de la cabeza 11 de las dos herramientas 7 en la dirección circunferencial del anillo de rodamiento 7 parece pedida a primera vista, tal inclinación no es necesaria por los motivos ya mencionados.

Como consecuencia de las direcciones de avance opuestas con relación a la vía de rodadura 4 del anillo de rodamiento 3 se produce en el centro axial de la vía de rodadura 4 un encuentro de las dos herramientas 7, en el que las puntas de herramientas 16 de las dos herramientas 7 presentan la misma posición axial. Puesto que las dos herramientas 16 están dispuestas con relación al eje de giro 2 del alojamiento de la herramienta 1 sobre lados diametralmente opuestos, no se bloquean las herramientas 7. Las direcciones de avance de las dos herramientas 7 se mantienen también después del encuentro hasta que las puntas de las herramientas 16 han alcanzado casi el extremo axial de la vía de rodadura 4, respectivamente, opuesto a su posición de partida. Entonces se elevan las puntas de la herramienta 16 desde la vía de rodadura 4. Idealmente, la elevación comienza con una disipación continua de la fuerza de presión de apriete sobre al menos 10 revoluciones. En ningún caso las puntas de las herramientas 16 en contacto con el anillo de rodamiento 3 serán conducidas más allá de los extremos axiales de la vía de rodadura 4, puesto que esto puede conducir a un daño agravante de las puntas de de las herramientas 16. En uno de los extremos de la vía de rodadura 4 existe la amenaza de una colisión con el borde de entrada 5, en el otro extremo axial de la vía de rodadura 4 existe la amenaza de un contacto con el canto configurado allí.

A partir del movimiento de las dos herramientas 7 se mueven sus puntas de herramienta 16, respectivamente, sobre una zona de la vía de rodadura 4, que ha sido mecanizada ya con la otra punta de la herramienta 16 respectiva. No obstante, esta zona no se extiende totalmente hasta las posiciones iniciales axiales de la mecanización, puesto que esto no lo permite, en general, el borde de entrada 5 en conexión con la inclinación de la pieza de la cabeza 11 de la herramienta 7 y allí se mantiene una distancia de seguridad con respecto al canto junto a la vía de rodadura 4.

El mecanización doble se extiende, sin embargo siempre sobre toda la zona, que se utiliza en el estado de funcionamiento del rodamiento para la transmisión decisiva de la carga entre los cuerpos rodantes y el anillo de rodamiento.

Algunos aspectos durante la mecanización de la vía de rodadura 4 del anillo de rodamiento 3 se explican en detalle con la ayuda de la figura 3.

La figura 3 muestra el comienzo y el final de la mecanización del anillo de rodamiento 3 en una representación muy abstracta. Por razones de claridad, las herramientas 7 no se representan totalmente. Además de una vista parcial del anillo de rodamiento 3, los soportes de las puntas 15 y las puntas de herramienta 16 de las dos herramientas 7 se representan, respectivamente, en su posición inicial al comienzo de la mecanización como también en su posición final al término de la mecanización. En realidad, cada herramienta 7 presenta sólo un soporte de la punta 15 y una punta de la herramienta 16, pero en la misma figura se representan en común dos instantes de la mecanización y, por lo tanto, dos posiciones diferentes de los soportes de las puntas 15 y las puntas de la herramienta 16. La asociación de las posiciones inicial y final con respecto al soporte respectivo de la punta 15 se deduce a partir de las letras, con las que están provistos los soportes de las puntas. Las transiciones desde las posiciones iniciales a las posiciones finales se indican por medio de flechas. Para facilitar una comparación de las relaciones en las dos herramientas 7, las puntas de herramienta 16 de las dos herramientas 7 se representan en la misma posición circunferencial del anillo de rodamiento 3.

El anillo de rodamiento 3 durante el funcionamiento en un rodamiento a través de los cuerpos rodantes en rodadura no está cargado de una manera uniforme sobre toda la extensión axial de su vía de rodadura 4. En su lugar, por ejemplo, como consecuencia de la geometría de los cuerpos rodantes y/o de la vía de rodadura 4 puede estar configurada una zona de carga principal 23, dentro de la cual se carga de manera especialmente fuerte la vía de rodadura 4. La zona de carga principal 23 se extiende, en general, a ambos lados del centro axial de la vía de rodadura 4, respectivamente, más allá de una zona parcial axial en dirección a los extremos axiales de la vía de rodadura 4. Por ejemplo, debido a los acortamientos de los cantos o de una curvatura prevista que actúa con efecto de descarga hacia fuera del perfil de la vía de rodadura y/o del perfil del cuerpo rodante, las zonas extremas axiales de la vía de rodadura 4 están dispuestas fuera de la zona de carga principal 23. Una definición cuantitativa de la zona de carga principal 23 se puede indicar a través de una relación de carga, que indica en el estado de funcionamiento de la carga máxima admisible del anillo de rodadura 3 la relación entre la carga que aparece en la

posición respectiva y la carga máxima que aparece sobre la vía de rodadura 4. Todas las zonas de la vía de rodadura 4, dentro de las cuales la relación de carga se encuentra, en general por encima de un valor mínimo predeterminado, se asocian a la zona de carga principal 23. El valor mínimo para la relación de la carga puede ser, por ejemplo 0,5 o 0,8 restrictivo.

- 5 En función de la mecanización realizada en cada caso, la vía de rodadura se puede dividir en una zona de mecanización 24, dos zonas de mecanización sencilla 25 y una zona de mecanización doble 26. Las dos zonas de mecanización sencilla 25 están dispuestas en la proximidad de los extremos axiales de la vía de rodadura 4 y forman axialmente la zona de mecanización doble 26. Toda la extensión axial de las dos zonas de mecanización sencilla 25 y de la zona de mecanización doble 26 da como resultado la zona de mecanización 24. En las dos zonas de mecanización sencilla 25 se aplica, respectivamente, una de las dos puntas de las herramientas 16 y entonces se mueve sobre la otra zona de mecanización sencilla 25. Sin embargo, la punta de la herramienta respectiva 16 no sobresale hasta la otra zona de mecanización sencilla 25 respectiva, sino que se eleva previamente desde la vía de rodadura 4. La zona de mecanización doble 26 es procesada con ambas puntas de la herramienta 16 y como resultado tiene lugar una mecanización doble de la vía de rodadura 4 dentro de la zona de mecanización doble 26.
- 10
- 15 Puesto que es necesaria una mecanización cuidadosa de la vía de rodadura 4 especialmente dentro de la zona de carga principal 23, se configura la mecanización de tal manera que la zona de mecanización doble 26 incluye totalmente la zona de carga principal 23 de la vía de rodadura 4.

Después de la mecanización con las dos herramientas 7, cuando la mecanización está dirigida solamente a la consecución de tensiones propias de presión, la vía de rodadura 4 del anillo de rodamiento 3 es cepillada. De esta manera se puede modificar la rugosidad a otro nivel que el conseguido a través de la mecanización y especialmente se puede eliminar pistas de mecanización no deseadas. Tales pistas de mecanización son en particular arañazos pequeños o roturas mínimas, que pueden aparecer a través de la inclusión de partículas entre las puntas de la herramienta 16 y la pista de rodadura 4. Puesto que en este caso solamente se realiza una erosión muy reducida de material, la distribución de las tensiones propias de presión se modifica sólo en una medida no esencial. En lugar del cepillado se pueden emplear también otros procedimientos con erosión más reducida del material, como por ejemplo rectificado deslizante.

20

25

La figura 4 muestra una representación esquemática de tres variantes del posicionamiento y de la alineación angular de las dos herramientas 7 con relación al anillo de rodamiento 3. Se representan, respectivamente, la vía de rodadura 4 y los dos soportes de las puntas 15 con las puntas de la herramienta 16. El plano de avance se extiende, respectivamente, perpendicular al plano del dibujo, de manera que la tendencia de los soportes de las puntas 15 no son visibles en el plano de avance en la figura 5. Sin embargo, en todas las tres variantes, la inclinación descrita anteriormente de los ejes longitudinales 12 de las piezas de cabeza 11 y, por lo tanto, de los soportes de las puntas 15 están presentes en el plano de avance.

30

En la variante representada anteriormente en la figura 4, no está prevista ninguna inclinación de los soportes de las puntas 15, de manera que éstas están orientadas con respecto a la dirección circunferencial del anillo de rodamiento 3 perpendicularmente a la vía de rodadura 4.

35

En la variante representada en el centro en la figura 4, los soportes de las puntas 15 están inclinados en contra del sentido de giro del anillo de rodamiento 3, de manera que resulta en la dirección circunferencial un movimiento de reapriete de los soportes de las puntas 15 con las puntas de la herramienta 16.

40 En la variante representada en la parte inferior en la figura 4, los soportes de las puntas 15 están inclinados de manera similar a la variante representada en el centro en contra del sentido de giro del anillo de rodamiento 3, de manera que resulta en la dirección circunferencial un movimiento de reapriete de los soportes de las puntas 15 con las puntas de la herramienta 16. La geometría de la variante representada en el centro y de la variante representada en la parte inferior es muy similar. En la variante representada en la parte inferior, la inclinación de los soportes de las puntas 15 se realiza en contra del sentido de giro del anillo de rodamiento 3, pero no a través de una articulación correspondiente de los soportes de las puntas 15, son a través de un desplazamiento lineal de los soportes de las puntas 15 sin un movimiento angular. La variante representada en la parte inferior se emplea especialmente cuando los soportes de las puntas 15 deben inclinarse en contra del sentido de giro del anillo de rodamiento 3, pero a tal fin no existe ningún mecanismo de articulación. Además, la variante inferior posibilita una regulación muy precisa del ángulo de inclinación de los soportes de las puntas 15 con relación al anillo de rodamiento 3 a través de la lectura de una escala lineal durante el desplazamiento de los soportes de las puntas 15.

45

50

La figura 5 muestra una representación muy ampliada e idealizada de un patrón de curvas de la trayectoria 27, 28 que son configuradas por las puntas de herramienta 16 de las dos herramientas 7 durante la mecanización sobre la vía de rodadura 4 del anillo de rodamiento 3. Por razones de claridad se representa de forma esquemática en la parte superior izquierda de la figura 5, además, la situación de mecanización. Las curvas de la trayectoria 27, 28 se representan sobre un desarrollo de la vía de rodadura 4, de manera que para facilitar la representación se ha seleccionado una vía de rodadura 4 de forma cilíndrica. La relación entre la vía de rodadura 4 representada acodada

55

y la geometría de la vía de rodadura 4 sobre el anillo de rodamiento 3 se ilustra a través de un desarrollo parcial de la vía de rodadura 4 representado por encima del patrón de curvas de la trayectoria. Los puntos de las curvas de la trayectoria 27, 28 en los dos extremos de la vía de rodadura acodada 4 están designados con las letras A a O, de manera que se utilizan en cada caso las mismas letras para parejas de puntos, que están directamente adyacentes en la representación no desarrollada. La misma identificación se ha utilizado también en la vía de rodadura 4 parcialmente desarrollada.

Las flechas representadas indican, respectivamente, la dirección del movimiento de la punta de la herramienta 16 respectiva con respecto a la vía de rodadura 4. Para mostrar más claramente las características de las curvas de la trayectoria 27, 28, las curvas de la trayectoria 27, 28 se representan muy distorsionadas. En la dirección de avance de las herramientas 7, las curvas de la trayectoria 27, 28 están muy extendidas y se representan muy aplastadas en la dirección circunferencial del anillo de rodamiento 3. Además, la representación se basa en velocidades de avance exactamente iguales de las dos herramientas 7 y en una velocidad de rotación exactamente constante del anillo de rodamiento 3.

En la parte superior y en la parte inferior del patrón de curvas de la trayectoria de la figura 6 se representan las zonas de mecanización sencilla 25 definidas en detalle en la figura 4. En la zona de mecanización sencilla 25 representada en la parte superior está presente exclusivamente la primera curva de la trayectoria 27, puesto que la vía de rodadura 4 es mecanizada allí exclusivamente por una de las dos herramientas 7. En la zona de mecanización sencilla 25 representada en la parte inferior, está presente exclusivamente la segunda curva de la trayectoria 28, puesto que la vía de rodadura 4 es procesada allí exclusivamente por la otra herramienta 7. En la zona de mecanización doble 26, que está dispuesta entre las dos zonas de mecanización sencilla 25, la vía de rodadura 4 es procesada por ambas herramientas 7.

Por consiguiente, en la zona de mecanización doble 26 están presentes tanto la primera curva de la trayectoria 27 como también la segunda curva de la trayectoria 28. Ambas curvas de la trayectoria 27, 28 tienen, como consecuencia de la superposición del movimiento de avance de las herramientas 7 y del movimiento de rotación del anillo de rodamiento 3, respectivamente, una línea helicoidal, pero con sentido de giro opuesto creciente. Puesto que las dos herramientas 7 inician la mecanización desde extremos axiales opuestos de la vía de rodadura 4 y se cruzan en la proximidad del otro extremo axial respectivo, la primera curva de la trayectoria 27 y la segunda curva de la trayectoria 28 se cruzan dos veces en la zona de mecanización doble 26 durante cada revolución del anillo de rodamiento 3. En la representación idealizada de la figura 6, todos los puntos de cruce se encuentran en dos posiciones circunferenciales fijas. En realidad, las posiciones circunferenciales de los puntos de cruce pueden variar, sin embargo, como consecuencia de la exactitud finita durante la mecanización.

Puesto que las puntas de herramienta 16 de las dos herramientas 7 a lo largo de las curvas de la trayectoria 27, 28 son prensadas en contra de la vía de rodadura 4 del anillo de rodamiento 3, se alisa la vía de rodadura 4 a lo largo de las curvas de la trayectoria 27, 28 con fuerzas de presión de apriete reducidas y sin introducidas ligeramente a presión, de manera que se genera un patrón de muescas correspondiente al patrón de las curvas de la trayectoria 27, 28 sobre la vía de rodadura 4 del anillo de rodamiento 3. Además, en el caso de fuerzas de presión de apriete elevadas a través del prensado de las puntas de la herramienta 6 contra la vía de rodadura 4 se generan localmente tensiones propias de presión en el material del anillo de rodamiento 3, que presentan un tamaño definido y un desarrollo definido de la profundidad. De esta manera, durante la mecanización del anillo de rodadura 3 se configura un patrón de tensiones propias de presión que corresponde al patrón de las curvas de la trayectoria 27, 28 y al patrón de las muescas.

A través de las tensiones propias de presión se puede inhibir una configuración y un incremento de grietas en la zona de la vía de rodadura 4 del anillo de rodamiento 3 y de esta manera se impide un daño del anillo de rodamiento 3 o al menos se retrasa en el tiempo. De este modo, se prolonga la duración de vida útil del anillo de rodamiento 3 y, por lo tanto, también del rodamiento, en el que está integrado el anillo de rodamiento. El patrón de cruces de las curvas de la trayectoria 27, 28, que genera una geometría correspondiente con respecto al desarrollo de las tensiones propias de la presión, tiene como consecuencia que no existe ninguna línea, a lo largo de la cual las tensiones propias de presión son constantes. En su lugar, las tensiones propias de la presión varían en función del lugar, de manera que no existe ninguna dirección preferida característica, por ejemplo, para una formación de grietas.

En cambio, la superficie de entrada 6 es procesada por razones de espacio solamente con una herramienta 7. La herramienta 7 se dispone de tal manera que la punta de la herramienta 16 es presionada en la zona extrema radialmente interior de la superficie de entrada 6 contra la superficie de entrada 6 y se conduce radialmente hacia fuera sobre la superficie de entrada 6. En este caso, el soporte de la punta 15 está inclinado de manera similar a la que se ha descrito para la mecanización de la vía de rodadura 4 en la dirección de avance de la herramienta 7. A través de esta mecanización de la superficie de entrada 6 se genera sobre la superficie de entrada 6 una curva de la trayectoria, que presenta la forma de una espiral.

Lista de signos de referencia

	1	Alojamiento de la pieza de trabajo
	2	Eje de giro
5	3	Anillo de rodamiento
	4	Vía de rodadura
	5	Borde de de entrada
	6	Superficie de entrada
	7	Herramienta
10	8	Alojamiento de la herramienta
	9	Pieza de conexión
	10	Dispositivo de articulación
	11	Pieza de cabeza
	12	Eje longitudinal
15	13	Normal de la superficie
	14	Carcasa
	15	Soporte de la punta
	16	Punta de la herramienta
	17	Seguro de giro
20	18	Primer cojinete de fricción axial
	19	Elemento elástico
	20	Segundo cojinete de fricción axial
	21	Tornillo de ajuste de la presión de apriete
	22	Saliente
25	23	Zona de carga
	24	Zona de procesamiento
	25	Zona de procesamiento sencilla
	26	Zona de procesamiento doble
	27	Primera curva de la vía
30	28	Segunda curva de la vía

REIVINDICACIONES

- 1.- Procedimiento para la mecanización sin arranque de virutas de una zona de la superficie (4, 6) de un anillo de rodamiento (3), en el que
- 5 - el anillo de rodamiento (3) se desplaza en rotación con relación a dos herramientas (7), que presentan, respectivamente, una punta de herramienta,
- las puntas de herramienta (16) de las dos herramientas (7) son guiadas a partir de diferentes posiciones de partida en movimiento opuesto entre sí con respecto a la zona de la superficie (4, 6) del anillo de rodamiento rotatorio (3) sobre la zona de la superficie (4, 6) y en este caso son prensadas con una fuerza de presión de apriete contra la zona de la superficie (4, 6), de manera que sobre la zona de la superficie (4, 6) se configura por cada punta de la herramienta (16) una curva de la vía (27, 28) en forma de línea helicoidal o en forma de espiral, de tal manera que las curvas de la vía (27, 28) se solapan por secciones y se cruzan varias veces entre sí en la zona de solape (26).
- 10
- 2.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las puntas de herramienta (16) de las dos herramientas (7) están guiadas a partir de posiciones de partida, que están desplazadas alrededor de 180° entre sí con respecto a la rotación del anillo de rodamiento (3), sobre la zona de la superficie (4, 6).
- 15
- 3.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que las puntas de herramienta (16) de al menos una de las dos herramientas (7) es guiada, a partir de una posición de partida, que está dispuesta con respecto a la rotación del anillo de rodamiento (3) en una zona extrema radial y/o axial de la zona de la superficie (4, 6), sobre la zona de la superficie (4, 6).
- 20
- 4.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que las puntas de herramienta (16) de las dos herramientas (7) son guiadas a partir de zonas extremas radiales y/o axiales opuestas entre sí con respecto a la rotación del anillo de rodamiento (3) de la zona de la superficie (4, 6) sobre la zona de la superficie (4, 6).
- 5.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que las curvas de la vía (27, 28) son configuradas de manera que no se solapan por secciones.
- 25
- 6.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que la zona de solape (26) se extiende al menos sobre una zona de carga principal (23) de la zona de la superficie (4, 6), en la que una relación de carga, que se define como relación de la carga que aparece en el caso de una carga admisible máxima del anillo de rodamiento (3) en el lugar respectivo con respecto a una carga que aparece máxima en toda la zona de la superficie (4, 6), presenta continuamente al menos un valor mínimo predeterminado.
- 30
- 7.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, en el que las posiciones de partida de las puntas de herramienta (16) de las dos herramientas (7) se encuentran, respectivamente, fuera de la zona de carga principal (23).
- 8.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que
- 35 - la punta de herramienta (16) de al menos una de las dos herramientas (7) se apoya durante el procesamiento del anillo de rodamientos (3) dentro de una zona de contacto que entra en contacto con la zona de la superficie (4, 6) del anillo de rodamiento (3),
- la fuerza de presión de apriete actúa a lo largo de una dirección de la fuerza y
- en un plano de avance, que se extiende a través de una normal de la superficie (13) orientada en la zona de contacto perpendicularmente a la zona de la superficie (4, 6) y una dirección de avance, en la que se mueve la herramienta (7), la dirección de la fuerza está inclinada hacia la dirección de avance y forma un ángulo de menos de 2° con la normal de la superficie (13).
- 40
- 9.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que la punta de herramienta (16) de al menos una de las dos herramientas (7) se mueve con una velocidad de 0,05 mm/revolución a 0,15 mm/revolución.
- 10.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que la zona de la superficie (4, 6) presenta una velocidad de la vía de 50 m/min a 150 m/min.
- 45
- 11.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que la punta de herramienta (16) de al menos una de las dos herramientas (7) es presionada con una fuerza de presión de apriete de 200 N a 750 N contra la zona de la superficie (4, 6).
- 12.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que en la dirección de avance de la herramienta (7) y en la dirección de rotación del anillo de cojinete (3) delante de la punta de la herramienta (16) zona
- 50

la zona de la superficie (4, 6) del anillo de rodamiento (3) se configura una película de un medio de refrigeración y/o medio de lubricación.

13.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que la zona de la superficie (4, 6) es cepillada después de la mecanización sin arranque de virutas o es sometida a un tratamiento de pulido deslizante.

5 14.- Anillo de rodamiento con una zona superficial (4, 6), que presenta dos patrones de tensión propia de presión configurados en forma de línea helicoidal o en forma de espiral, que se solapan por secciones y se cruzan muchas veces en la zona de solape (26).

15.- Rodamiento con un anillo de rodamiento (3) de acuerdo con la reivindicación 14.

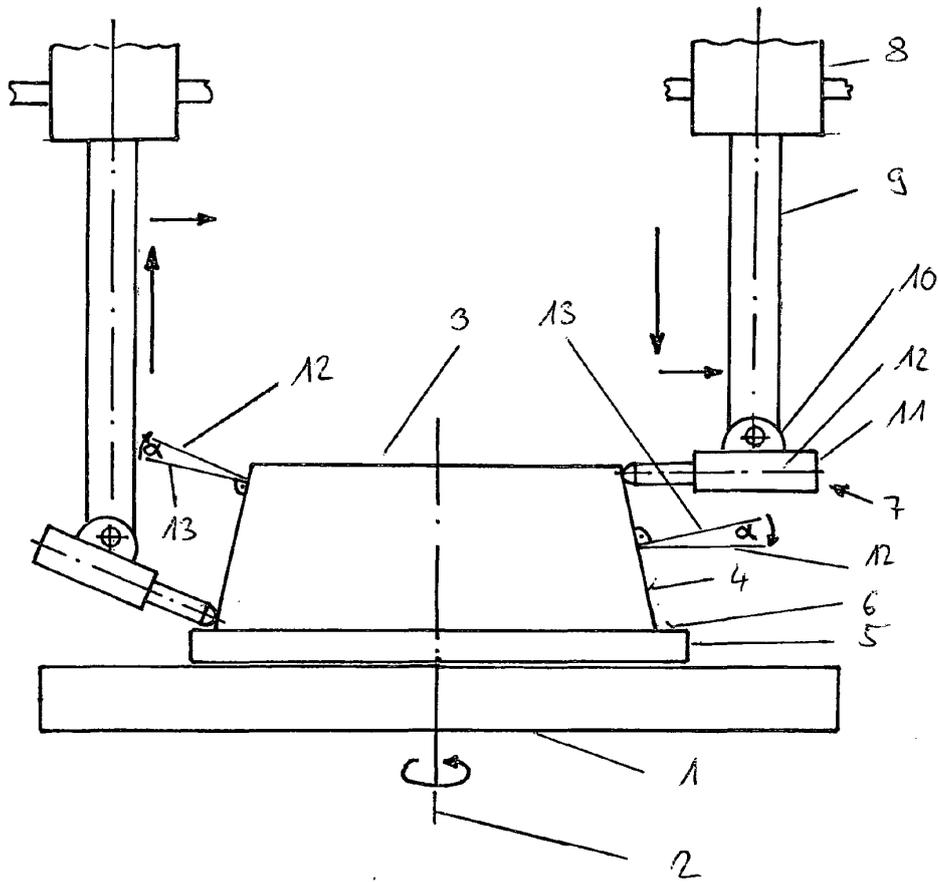
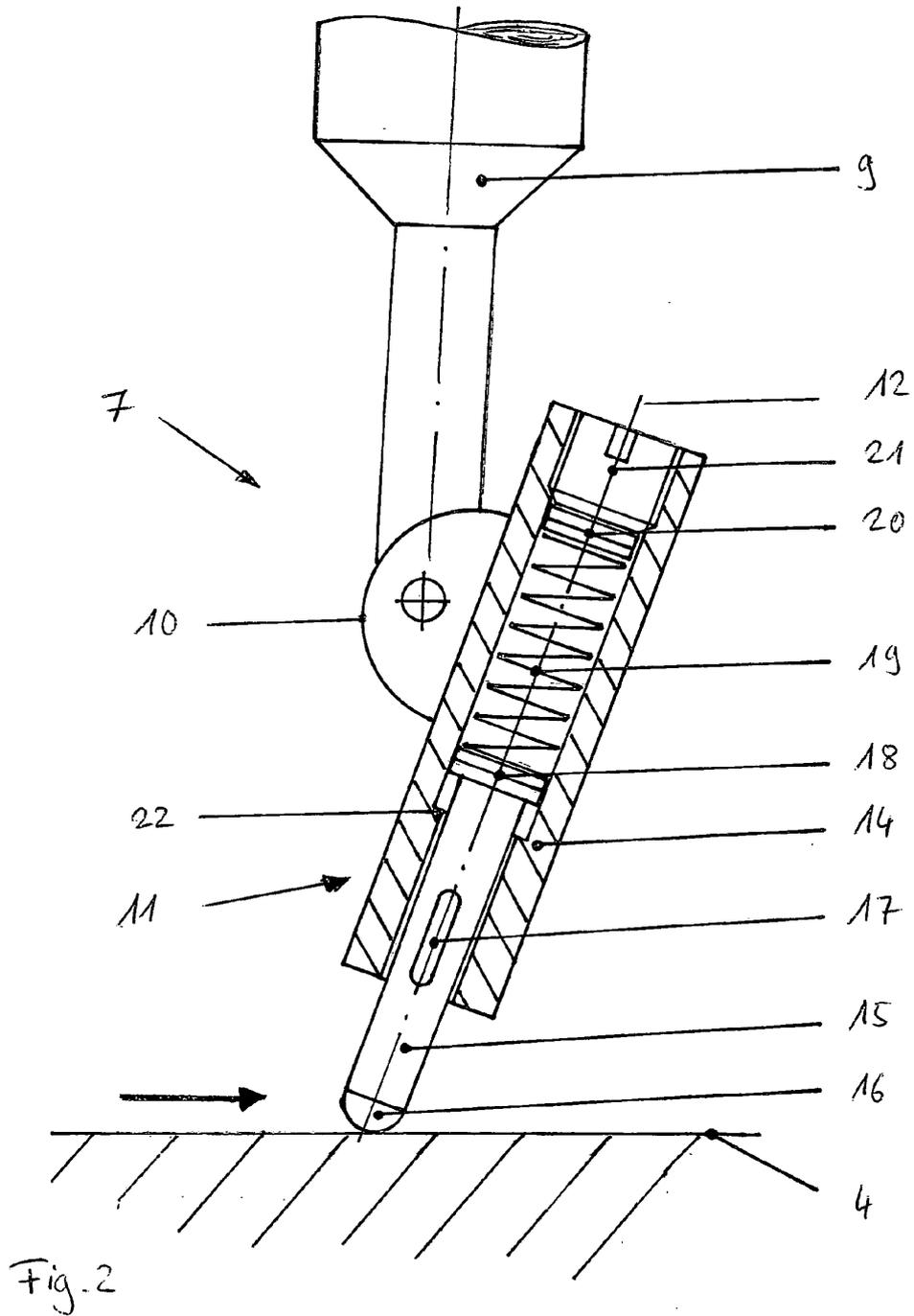


Fig. 1



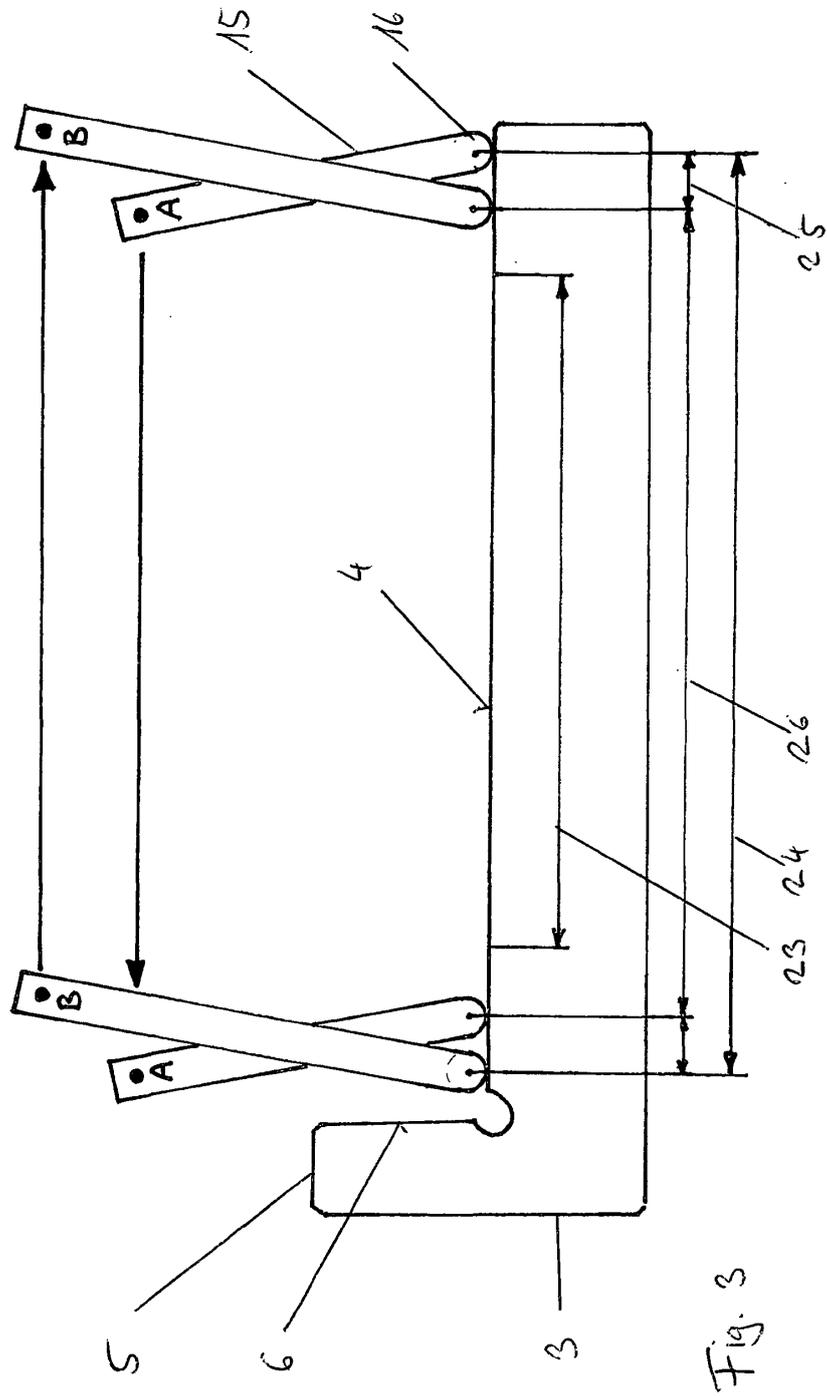


Fig. 3

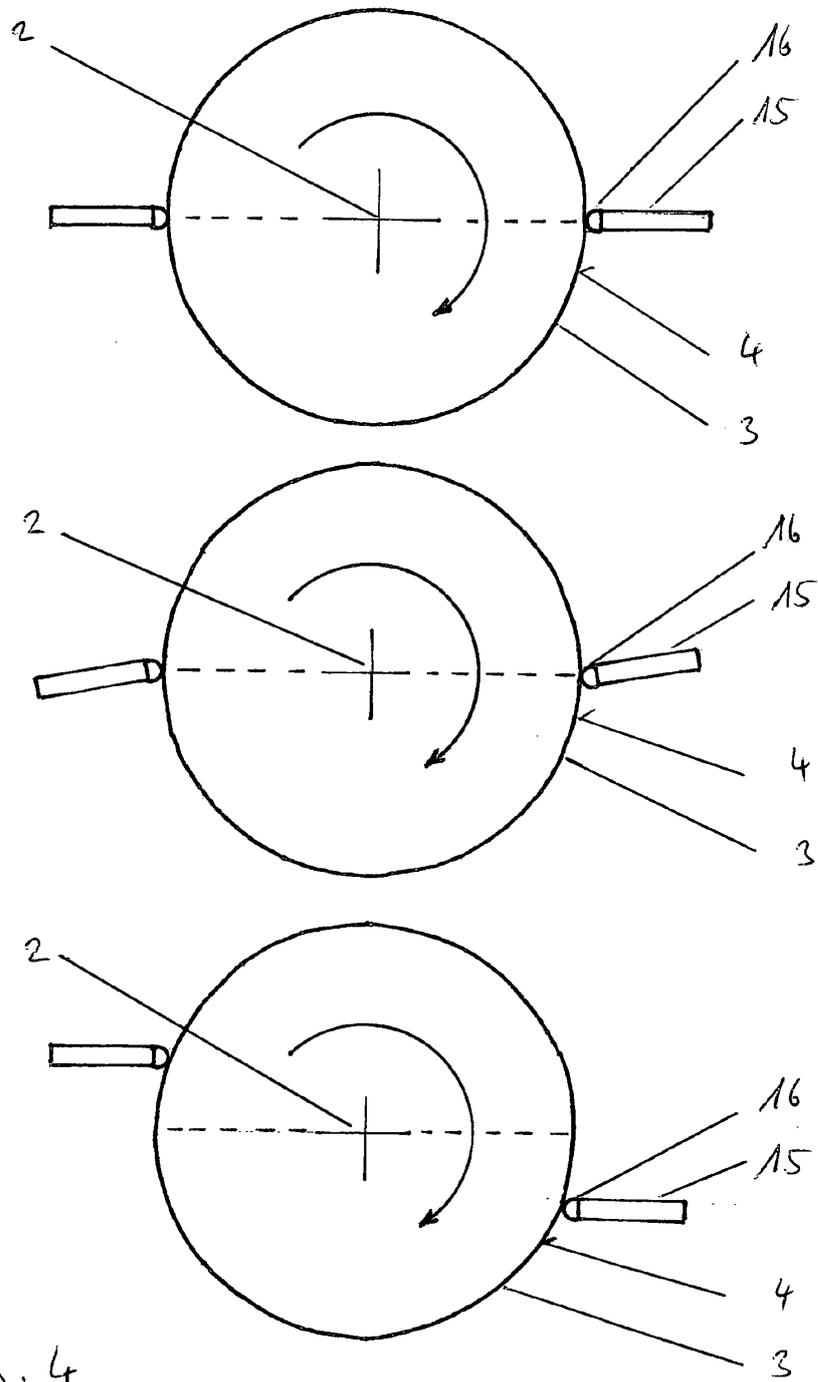


Fig. 4

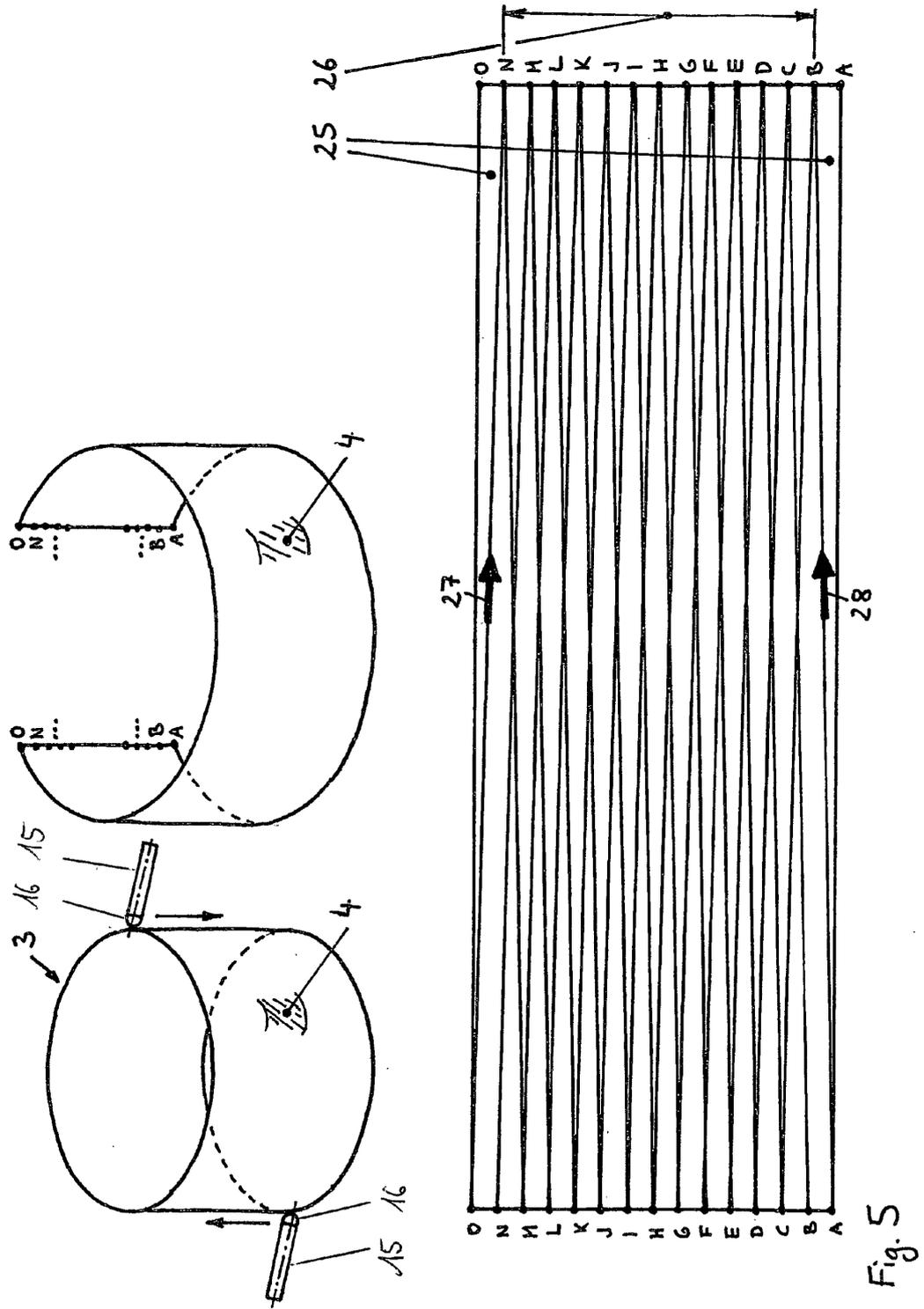


Fig. 5