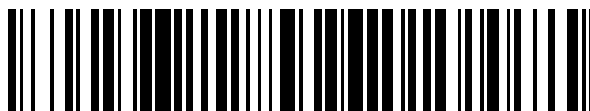


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 782 449**

51 Int. Cl.:

**G05B 19/27** (2006.01)

**B24B 5/42** (2006.01)

**B24B 49/02** (2006.01)

**B24B 49/04** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.03.2015 PCT/EP2015/055315**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.09.2015 WO15136081**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.03.2015 E 15709511 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.01.2020 EP 3116683**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para amolar cigüeñales de gran tamaño**

30 Prioridad:

**14.03.2014 DE 102014204807**

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

**15.09.2020**

73 Titular/es:

**ERWIN JUNKER GRINDING TECHNOLOGY A.S.  
(100.0%)  
Ripská 863  
27601 Mělník, CZ**

72 Inventor/es:

**JUNKER, ERWIN**

74 Agente/Representante:

**GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo**

**ES 2 782 449 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 y dispositivo para amolar cigüeñales de gran tamaño

La invención se refiere a un procedimiento y un dispositivo para el mecanizado de amolado de cigüeñales de gran tamaño de motores de camión o barco o de motores estacionarios de acuerdo con el preámbulo de las reivindicaciones 1 y 13, como se conoce respectivamente, por ejemplo, por el documento DE 199 19 893 A1 y el documento en línea de la empresa Cinetic Landis "Landis LT3e" del 31 de diciembre de 2012.

En el ámbito de esta invención los cigüeñales de gran tamaño deben ser cigüeñales que presenten una longitud de > 800 mm, especialmente de 1000 a aproximadamente 4000 mm. Los cigüeñales de gran tamaño de este tipo – al contrario de lo que ocurre en el caso de los cigüeñales de turismos – no se fabrican en un número de unidades igual de grande. Cuanto mayores son las dimensiones de cigüeñal, menor es el tamaño de los lotes en los que se fabrican los cigüeñales.

Generalmente las máquinas de amolado que están previstas para el mecanizado de cigüeñales, por ejemplo, con una longitud de aproximadamente 1500 mm se cargan o se descargan manualmente con la ayuda de elementos auxiliares de carga. Por el escaso número de unidades de cigüeñales de estas dimensiones y el hecho de que para cigüeñales de gran tamaño de este tipo deben tratarse por abrasión sobremedidas para amolado de hasta 2 mm en el diámetro, y de hasta 0,5 mm por lado en los lados planos, y, por lo tanto, ya las piezas en bruto que llegan a la amoladora requieren muchos gastos, también para estos cigüeñales de gran tamaño se consigue que los tiempos de amolado sean lo menores posible, pero es especialmente importante que las piezas en bruto de cigüeñal se amuelen como piezas aceptadas. Esto significa que, en cualquier circunstancia deben evitarse piezas rechazadas por las elevadas pérdidas económicas. Más bien se asumen mayores tiempos de amolado antes de que por un mal resultado de amolado el cigüeñal se considere pieza rechazada. A este respecto, se debe observar que al amolar cigüeñales de gran tamaño la sobremedida superior – necesaria también por el tratamiento previo de un mecanizado suave y, a continuación, un endurecimiento de los puntos de apoyo – requiere un volumen de retirada de metal elevado, lo cual implica el peligro de que el cigüeñal se deforme durante el amolado. Este efecto o esta desventaja se produce tanto más cuanto los lados planos de los puntos de apoyo deben verse arrastrados. Sobre todas las cosas, los radios de transición presentes en los cigüeñales de gran tamaño entre los puntos de apoyo y los lados planos que se deben arrastrar siguen agravando este problema. Después del endurecimiento de los puntos de apoyo individuales, la zona de endurecimiento se extiende habitualmente hasta entrar en la transición de radios o, dado el caso, incluso hasta entrar en el reborde plano adyacente. Por lo tanto, en el amolado de cigüeñales de gran tamaño se debe contar con una distorsión en esencia mayor que en el caso de cigüeñales más pequeños, por ejemplo, en cigüeñales de turismos. Por norma general no es posible trasladar sin más a cigüeñales de gran tamaño los procesos de amolado y las condiciones de amolado que tienen éxito para cigüeñales más pequeños para producir cigüeñales de este tipo con mayor precisión. Habitualmente se producen cigüeñales de gran tamaño en grandes máquinas de amolado en varios pasos de proceso, amolándose principalmente con discos de amolado de corindón.

En el documento DE 43 27807 C2 se describen un procedimiento y una amoladora para amolar un cigüeñal sin estar orientado especialmente a cigüeñales de gran tamaño. En el procedimiento conocido el cigüeñal se fija con una tracción axial y se amuela mediante al menos dos discos de amolado perfilados, alojados respectivamente por separado. El cigüeñal fijado en un cabezal de trabajo y un contracabezal se desplaza en rotación por el accionamiento en el cabezal de trabajo. La precisión del cigüeñal amolado debe conseguirse porque todo el amolado de acabado del cigüeñal, pero solo el amolado de acabado, se realiza en un solo paso de fijación. No existen indicaciones sobre el empleo de lunetas.

En el documento DE 199 19893 A1 se describen un amolado previo y un amolado de acabado de un cigüeñal en un paso de fijación. Se hace referencia especialmente a cigüeñales más grandes, por ejemplo, también para motores de camión con una longitud de más de 300 mm. Por la longitud de los cigüeñales se prevé también, al menos en un cojinete principal, un asiento de luneta. Como discos de amolado pueden emplearse discos de amolado CBN (de nitruro de boro cúbico), así como discos de amolado de corindón, remitiéndose al hecho de que la vida útil de un disco de amolado es más larga cuando se emplean discos CBN, y pueden conseguirse también grados de precisión más elevados. Tanto el cabezal de trabajo como el contracabezal pueden presentar un accionamiento propio, los cuales funcionan sincrónicamente uno respecto a otro. Además, se hace referencia al hecho de que en un solo paso de fijación al menos los cojinetes principales del cigüeñal se pueden amolar previamente y después se puede amolar el acabado de sus cojinetes de bancada y, a continuación, el de sus cojinetes principales, con el al menos un disco de amolado. Si la superficie de cojinete debe presentar una forma convexa, esto es posible con un ajuste correspondiente del disco de amolado empleado, es decir, sin que sea necesario desmontarlo. El amolado de las secciones finales cilíndricas, así como de las bridas del cigüeñal no se describe, especialmente porque con el procedimiento descrito las mordazas de un mandril agarran el extremo de vástago cilíndrico del cigüeñal.

El documento en línea de la empresa Cinetic Landis describe una gran amoladora de cojinetes de bancada con CNC (control numérico por ordenador) con la denominación LT3. Esta máquina se describe hasta un tamaño de 8 m. Con ella se amuelan cojinetes de bancada y cojinetes principales empleando una medición en proceso. Especialmente para poder amolar radios en la transición de las superficies de cojinete propiamente dichas respecto a las superficies planas en las partes laterales que delimitan los cojinetes, existe un dispositivo de ajuste de discos de amolado con

CNC. La máquina conocida amuela los cojinetes principales y los cojinetes de bancada en un paso de fijación y, además, es capaz de amolar las zonas finales cilíndricas, chaflanes o secciones cónicas incluidos. También se hace referencia a lunetas servocontroladas.

5 Además, en el folleto de la empresa Ingersoll Naxos se hace referencia, en relación con los datos de máquina de la amoladora de cojinetes de bancada CBN PQ500x1250, por una parte, a una longitud de pieza de trabajo para un cigüeñal de 1500 mm que se debe amolar y, por otra parte, al empleo de discos de amolado de CBN. La máquina está acoplada con un equipo de medición de diámetro en proceso.

10 En cuanto al empleo extendido de discos de amolado de corindón para cigüeñales de gran tamaño, al amolar los radios en la transición del punto de apoyo propiamente dicho a los lados planos de las partes laterales en un punto de apoyo, así como al amolar las partes laterales, es necesario, por encima de todo, que los discos de amolado que amuelan los radios deban ser ajustados previamente. Cuando el disco de amolado debe emplearse a continuación para el amolado de, por ejemplo, el punto de apoyo o las secciones finales cilíndricas del cigüeñal, aquel debe ajustarse de nuevo. Un disco de amolado de corindón debe ajustarse frecuentemente sobre todo entre los diferentes ciclos de trabajo individuales. Esto se asume porque los costes de los discos de amolado de corindón son relativamente bajos. El ajuste frecuente entre los pasos de trabajo individuales requiere también de un tiempo total de fabricación mayor para un cigüeñal de gran tamaño, lo cual se asume también completamente si con ello se puede evitar sea como sea que un cigüeñales de gran tamaño producirse como pieza rechazada.

Los equipos de medida en proceso conocidos en el estado de la técnica están previstos para medir un diámetro real en un punto de apoyo para incidir así durante el amolado en que se consiga o se mantenga un diámetro nominal.

20 Por el contrario, el objetivo de la invención consiste en crear un procedimiento y una amoladora con los que se puedan amolar con gran precisión y elevada rentabilidad cigüeñales de gran tamaño de motores de camión o de barco o de motores estacionarios con los que se puedan emplear discos de amolado con vida útil más larga y se pueda reducir el número de procesos de ajuste.

25 Este objetivo se resuelve mediante un procedimiento con las características de acuerdo con la reivindicación 1, así como mediante una amoladora con las características de acuerdo con la reivindicación 13. En las reivindicaciones dependientes respectivas se describen perfeccionamientos convenientes.

30 De acuerdo con un primer aspecto de la invención, en el procedimiento de acuerdo con la invención para amolar completamente cigüeñales de gran tamaño se, al menos todos los cojinetes principales y de bancada del cigüeñal reciben un amolado previo y un amolado de acabado con al menos un primer disco de amolado CBN. Además, al menos todas las zonas finales y las bridas cilíndricas del cigüeñal reciben también un amolado previo y un amolado de acabado en el único paso de fijación del cigüeñal. El empleo de un disco de amolado de CBN hace posible una vida útil larga y el amolado con precisión elevada sin que después de cada proceso de amolado de un ciclo de trabajo determinado se deba ajustar el disco de amolado. En el amolado previo del cigüeñal se amuelan asientos de luneta, varios por lo general, y se coloca una luneta respectivamente en los asientos de luneta amolados. El número de lunetas empleadas se ajusta de acuerdo con el tamaño y la longitud del cigüeñal que se debe amolar. En el caso de cigüeñales más cortos, en determinadas circunstancias son suficientes dos lunetas, por lo cual también deben amolarse solo dos asientos de luneta. En el caso de cigüeñales más grandes y más largos, es totalmente necesario y habitual amolar un asiento de luneta en cada cojinete principal y colocar una luneta correspondiente.

40 Cuantas más lunetas se empleen y cuanto más largo sea el cigüeñal, mayor puede ser el problema de la torsión del cigüeñal durante su rotación, la cual se efectúa mediante un accionamiento del cabezal de trabajo. Un accionamiento de rotación de este tipo se señala con C1. Para evitar la torsión, de acuerdo con la invención, está previsto también un accionamiento de rotación C2 en un segundo cabezal de trabajo dispuesto en un extremo opuesto respecto al cabezal de trabajo. Ambos accionamientos C1 y C2 funcionan por electricidad sincrónicamente uno respecto a otro. De acuerdo con la invención, el primer disco de amolado está accionado respectivamente con ejes X1, Z1 y WK1 controlados por CNC. El primer disco de amolado presenta una anchura que es inferior a la longitud axial de los cojinetes principales y de bancada del cigüeñal. La forma deseada de la superficie de revestimiento del cojinete de bancada y/o principal se genera mediante un movimiento que se interpola del primer disco de amolado en torno a su eje X1, Z1 y/o WK1. En el presente caso, en el ámbito de la invención, debe entenderse por superficie de revestimiento la superficie de revestimiento del cojinete propiamente dicho del cigüeñal, así como de la transición desde la superficie de revestimiento, mediante un radio definido, a la superficie plana, dispuesta perpendicularmente respecto al eje longitudinal del punto de apoyo, en las partes laterales que delimitan un punto de apoyo. A este respecto, el eje X1 representa la aproximación del disco de amolado en perpendicular respecto al eje longitudinal del punto de apoyo conforme a un avance. El eje Z1 representa el eje de movimiento del disco de amolado con su eje en paralelo respecto al eje longitudinal del punto de apoyo. Y el eje WK1 representa el eje pivotante mediante el cual el disco de amolado se mueve respecto a su eje longitudinal con un ángulo variable. Es decir, el eje WK1 representa un eje pivotante que, por el disco de amolado y el punto de contacto del disco de amolado en la pieza de trabajo que se debe amolar, tiene su recorrido perpendicularmente respecto al eje longitudinal del cigüeñal. Solo se debe conseguir una forma cilíndrica exacta y de alta calidad de un punto de apoyo cuando el disco de amolado, por lo demás configurado plano en su perímetro en la línea de contacto de amolado, puede pivotar justamente en torno a ese eje WK1.

De acuerdo con la invención, ahora está previsto, además, que mediante un dispositivo de medición se midan al menos dos, preferentemente más, diámetros reales durante el amolado de los cojinetes principales y/o de bancada o cuando se interrumpe el amolado de los mismos, es decir, en lugares de medición separados a lo largo de la longitud axial de estos cojinetes; con la base de estos resultados de medición, los ejes X1, Z1 y WK1 del primer disco de amolado de CBN se controlan de forma que se interpolan unos respecto a otros e independientemente unos respecto a otros para conseguir un perfil nominal deseado de la superficie de revestimiento de los cojinetes principales y/o de bancada del cigüeñal. En el presente documento, por amolado interrumpido se entiende que no hay contacto por parte del disco de amolado.

En principio el cigüeñal de gran tamaño puede amolarse con un solo disco de amolado, el cual está alojado en un solo cabezal de amolado. Este disco de amolado solo debe ser lo suficientemente estrecho como para poder amolar no solo los cojinetes principales y de bancada del cigüeñal, sino también las secciones finales y las bridas cilíndricas y los lados planos en los cojinetes, así como los radios en la transición de las superficies de cojinete propiamente dichas a los lados planos de los cojinetes. Por motivos económicos es completamente ventajoso que haya dos cabezales de amolado y que en cada cabezal de amolado haya un disco de amolado correspondiente. De esta manera es posible reducir considerablemente el tiempo de amolado para el cigüeñal. Por el movimiento del disco de amolado, realizado de forma que se puede interpolar, en torno a su eje X1, Z1 y WK1 ahora es posible que se puedan amolar radios con diferentes dimensiones sin procesos de ajuste respectivos mediante el disco de amolado de CBN. Es decir, los radios que se deben amolar se pueden copiar directamente desde el disco de amolado sin ajustarlo. Esto representa una ventaja decisiva en cuanto al tiempo y a la precisión respecto a discos de amolado de corindón.

No obstante, también en la transición a las superficies planas dispuestas perpendicularmente respecto al eje longitudinal de los puntos de apoyo respectivos es necesario que el eje WK1 del disco de amolado que se amolar se active para poder pasar del amolado de diámetros en las superficies de cojinete y en los radios que se conectan con ellas a una superficie plana dispuesta perpendicularmente respecto a estos.

Con el procedimiento de acuerdo con la invención es posible, así, amolar un cigüeñal de gran tamaño en un solo paso de fijación con una precisión elevada y una vida útil larga del disco de amolado y, de esta manera, con una elevada rentabilidad.

El primer disco de amolado se ajusta preferentemente en intervalos definidos entre el mecanizado de amolado del cigüeñal. Una ventaja fundamental del disco de amolado de CBN consiste precisamente en que, por ejemplo, se puede realizar un número considerablemente mayor de procesos de amolado sin tener que ajustar el disco de amolado. De todos modos, para conseguir un perfil determinado no es necesario un ajuste, ya que la elevada flexibilidad de empleo de los tres ejes del disco de amolado controlados por CNC hace posible producir un perfil discrecional, así como un perfil, por ejemplo, cilíndrico con una precisión elevada sin que para ello sea necesario ajustarlo cada vez que se emplea. De todas formas, preferentemente se efectúa un ajuste siempre que y solo cuando debe compensarse un desgaste determinado en el disco de amolado, pero no para conseguir un perfilado en el disco de amolado.

Preferentemente se miden también las medidas de longitud del cigüeñal y para el control de la posición de amolado de al menos el primer disco de amolado se transmiten a su control por CNC para el eje X1 y el Z1. De esta manera es posible llevar el disco de amolado exactamente a la posición de amolado mediante la cual se puede mantener la dimensión de longitud axial que se debe amolar.

De acuerdo con un perfeccionamiento de la invención, los ejes X1, Z1 y WK1 de al menos el primer disco de amolado son controlados de forma que se produce una forma deseada que difiere de la forma cilíndrica de los cojinetes principales y/o de bancada. Con el procedimiento de acuerdo con la invención es posible, además, por un número correspondiente de planos de medición para determinar el diámetro real en diferentes posiciones a lo largo del eje longitudinal del cojinete respectivo, conseguir una forma cilíndrica de elevada precisión, la cual, de acuerdo con el estado de la técnica, no es posible o lo es, en todo caso, de forma restringida, con los dispositivos de medición en proceso empleados, ya que en este sentido siempre se realiza una medición solo en un punto de una zona de apoyo.

Más preferentemente, al amolar una zona final y/o una brida cilíndrica del cigüeñal, un mandril situado en un cabezal de trabajo en una zona final del cigüeñal, o en un contracabezal del cigüeñal en una zona final opuesta a esta, o, en lugar de en el contracabezal, en un segundo cabezal de trabajo de esta zona de trabajo, se suelta y el cigüeñal puede entonces mantenerse centrado por puntas del mandril respectivo previstas respectivamente. Por ejemplo, con una presión baja de las puntas sobre la perforación de centrado del cigüeñal por medio del mandril respectivo, el cigüeñal puede accionarse también por encima. En todo caso, cuando un mandril está suelto es posible que mediante al menos el primer disco de amolado se pueda amolar una zona final del cigüeñal, es decir, que esta pueda recibir un amolado previo o un amolado de acabado. En el caso de la zona final opuesta del cigüeñal se procede de forma análoga. Con ello es posible amolar completamente un cigüeñal de gran tamaño en un solo paso de fijación con una elevada rentabilidad y precisión.

De acuerdo con un perfeccionamiento, en el procedimiento de acuerdo con la invención está previsto un segundo disco de amolado de CBN, el cual realiza el amolado previo y el amolado de acabado del cigüeñal mediante sus accionamientos de los ejes X2 y Z2 controlados por CNC, así como mediante un accionamiento adicional controlado por CNC en un eje pivotante WK2. Al prever dos discos de amolado de CBN separados, los cuales están alojados en

cabezales de amolado respectivos, el tiempo de acabado para un cigüeñal de gran tamaño se puede reducir, dado el caso, incluso a la mitad.

Para compensar una deformación durante el mecanizado como consecuencia de la introducción de fuerzas de amolado durante el amolado en el caso de cigüeñales especialmente largos, se deben amolar, más preferentemente, al menos

5 cuatro asientos de luneta, en los cuales se colocan entonces lunetas correspondientes.  
Las zonas finales del cigüeñal se amuelan preferentemente con el primer disco de amolado, siendo posible también que la zona final de un lado del cigüeñal se amuele con el primer disco de amolado y que la zona final, opuesta a esta, del cigüeñal se amuele con un segundo disco de amolado, ajustándose también el segundo disco de amolado en intervalos definidos. La longitud de los intervalos definidos se debe determinar partiendo de puntos de vista análogos,

10 como se ha descrito anteriormente también para el primer disco de amolado.  
Mediante los discos de amolado de CBN se amuelan preferentemente también radios del perfil de superficie de revestimiento del cigüeñal, especialmente en sus puntos de apoyo, mediante una copia directa, es decir, sin que sea necesario un ajuste previo de los discos de amolado al valor exacto de radio.

15 Como con el amolado completo o el mecanizado completo del cigüeñal de gran tamaño en un solo paso de fijación se prescinde de una carga/descarga, necesaria de otro modo, entre los pasos de mecanizado individuales, se evita la desventaja que surgiría al realizar el mecanizado en varias estaciones de amolado diferentes, concretamente, que durante las mediciones externas el cigüeñal se ve alterado térmicamente hasta que vuelve a cargarse en la siguiente amoladora o estación de amolado. Aparte de esto, para los cigüeñales de gran tamaño siempre supone un esfuerzo considerable en cuanto a equipamiento cargar o descargar estos pesados cigüeñales.

20 En el caso de emplear, como se ha descrito anteriormente, dos cabezales de amolado, además del mecanizado en paralelo realizado al menos parcialmente en el amolado previo y/o de acabado de los cigüeñales, es posible emplear dos discos de amolado perfilados de forma diferente. Esto último tiene la ventaja de que los discos de amolado pueden adaptarse mejor, teniendo en cuenta el objetivo de mecanizado respectivo, a los puntos de apoyo individuales u optimizarse teniendo en cuenta dicho objetivo.

25 Para el amolado de los cigüeñales de gran tamaño deben emplearse las siguientes tecnologías o los siguientes órdenes de tareas diferentes al amolar los puntos de apoyo o las zonas finales y las bridas cilíndricas que se deben amolar:

a) amolado previo y amolado de acabado de cojinetes principales y cojinetes de bancada con o sin radios de transición y/o lados planos;

30 b) amolado previo y amolado de acabado de un cojinete de ajuste en sus lados planos que delimitan el punto de apoyo propiamente dicho;

c) amolado de radios de transición en los puntos de apoyo en la transición hacia los lados planos con la posibilidad de la interpolación de radios en cojinetes principales y/o en cojinetes de bancada y en el cojinete de ajuste, amolándose los radios en las transiciones desde el diámetro en los puntos de apoyo a sus lados planos con un disco de amolado con un radio en sus "esquinas". Como en muchos cigüeñales los radios en las transiciones de cojinetes no están realizados del mismo modo en los cojinetes principales y de bancada, en el disco de amolado se ajusta un radio más pequeño y entonces se "copia" este radio en el punto de apoyo (ver figura 11);

d) amolado de las zonas finales del cigüeñal como brida y/o mecanizado de vástago, existiendo también la posibilidad de amolar extremos cónicos de árboles por el eje WK adicional de los discos de amolado;

40 e) amolado de las superficies planas frontales en los vástagos y/o en los extremos de vástagos;

f) implementación del amolado solo con discos de amolado de CBN; y

g) empleo de aceite de amolado o emulsión de amolado como agente refrigerante.

45 Una medición en proceso con un dispositivo de medición se emplea prioritariamente para los cojinetes principales y de bancada, pudiendo desplazarse el dispositivo de medición empleado por el ancho de disco de amolado en la dirección longitudinal del punto de apoyo y pudiendo grabarse así en varios puntos en la dirección longitudinal del punto de apoyo valores de medición para el diámetro de forma que es posible medir también en cada punto de apoyo la desviación de la forma cilíndrica, de una forma cónica o de una forma esférica. Además, con este equipo de medición también es posible no solo medir diámetros respectivos en el punto de apoyo, sino también registrar automáticamente su esfericidad. De acuerdo con la invención, los valores de medición se introducen en los equipos de control correspondientes de la máquina, de forma con correcciones correspondientes durante el proceso de amolado se puede corregir el perfil obtenido en la pieza de trabajo y se puede mantener el perfil nominal deseado, es decir, sin que el cigüeñal se tenga que retirar de la máquina ni se deba realizar la medición en un espacio de medición especial con aparatos de medición especiales. Con el dispositivo de medición existente se puede realizar también una medición posterior al proceso en los puntos de apoyo. Para ello, el disco de amolado se aproxima a los puntos de apoyo hasta

55 llegar a una pequeña distancia radial, y ahora el dispositivo de medición puede medir los diámetros en el procedimiento

de medición posterior al proceso. De acuerdo con este procedimiento de medición también es posible medir también en cada punto de apoyo la desviación de la forma cilíndrica, de una forma cónica o de una forma esférica.

Adicionalmente a la medición del diámetro y de la esfericidad está previsto también otro equipo para medir la colocación longitudinal del cigüeñal, estando previsto respectivamente un cabezal de medición de presión en el cabezal de amolado o en los cabezales de amolado. Así es posible medir automáticamente dimensiones de longitud en el cigüeñal. Como cabezal de medición se emplea un así llamado cabezal de medición conmutable, es decir, el captador se desvía al contactar con la pieza de trabajo por el desplazamiento del cabezal de amolado a lo largo de su eje Z hasta que se emite una señal de conmutación eléctrica. Esta señal de conmutación se compensa entonces con el valor de posición del aparato de medición de longitud del eje Z. Mediante una medición múltiple de lados planos definidos o de todos los lados planos de los puntos de apoyo se puede determinar así la posición longitudinal exacta para cada punto de apoyo antes del amolado, de forma que, por una parte, para cada lado plano que se debe amolar, la sobremedida de amolado puede medirse y, con ello, también determinarse con exactitud. De esta manera se puede optimizar el tiempo de amolado porque se puede eliminar un así llamado "amolado de aire". Según este principio, con el mismo cabezal de medición se pueden determinar también posiciones radiales en el cigüeñal. Así, en el presente documento se compensan también las posiciones radiales medidas con los ejes C de los cabezales de trabajo.

El mecanizado completo de un cigüeñal de gran tamaño en un solo paso de fijación es importante también, sobre todo, porque un cigüeñal de gran tamaño con una longitud de, por ejemplo, 2500 mm aproximadamente requiere de un tiempo de amolado de dos horas aproximadamente.

De acuerdo con un segundo aspecto de la invención se facilita una amoladora para el mecanizado completo de cigüeñales de gran tamaño de motores de camión o de barco o de motores estacionarios, amoladora en la cual están dispuestos sobre su lecho de máquina al menos los siguientes elementos:

a) un primer y un segundo cabezal de trabajo con un accionamiento rotatorio C1 y C2, controlados por CNC, uno por cada uno. Entre los cabezales de trabajo está fijado el cigüeñal que se debe amolar. Este paso de fijación se mantiene durante todo el mecanizado de amolado completo del cigüeñal, de forma que no son necesarios procesos de desmontaje. Los accionamientos rotatorios C1 y C2 accionan el cigüeñal en sus dos extremos sincrónicamente uno respecto a otro. Garantizan así un así llamado árbol eléctrico. Por el accionamiento sincronizado de los dos accionamientos rotatorios C1 y C2 se garantiza que el cigüeñal no se tuerce durante su rotación. Por la longitud relativamente grande de los cigüeñales de gran tamaño mecanizados con la amoladora de acuerdo con la invención es necesario apoyar estos en varios cojinetes principales, más preferentemente en todos los cojinetes principales. De esta manera se ejercen pares de rozamiento sobre el cigüeñal, pares de rozamiento que dan como resultado, por su parte, una carga de torsión. Para evitar o contrarrestar esta carga de torsión, los accionamientos rotatorios C1 y C2 están dispuestos en ambos extremos del cigüeñal y funcionan sincrónicamente uno respecto a otro;

b) apoyos en cojinetes principales del cigüeñal, los cuales están garantizados por un número de lunetas que se aproximan a los cojinetes principales de cigüeñal respectivos contactando con estos después de que con un primer disco de amolado dispuesto en un primer cabezal de amolado se haya amolado un asiento de luneta respectivo;

c) el primer cabezal de amolado con el primer disco de amolado, siendo este disco de amolado un disco de amolado CBN y presentando accionamientos controlados por CNC de sus ejes X1 y Z1 para el amolado previo y el amolado de acabado de al menos cojinetes principales y de bancada del cigüeñal. Además, para este primer disco de amolado está previsto otro accionamiento controlado por CNC para un eje pivotante WK1, pudiendo los ejes X1, Z1 y WK1 interpolarse unos respecto a otros y controlarse de forma independiente unos de otros de forma que se puede conseguir un perfil de superficie de revestimiento deseado de al menos los cojinetes principales y de bancada;

d) un equipo de medición, el cual está dispuesto sobre el cabezal de amolado y presenta un eje de desplazamiento que tiene su recorrido paralelamente respecto al eje longitudinal de los cojinetes principales o de bancada, eje de desplazamiento a lo largo del cual el equipo de medición se puede colocar en posiciones de medición en las cuales se pueden grabar diámetros reales mediante el equipo de medición;

estando el equipo de medición (30) configurado para medir en un proceso de medición al menos dos diámetros reales en lugares de medición separados uno de otro a lo largo de la longitud axial de los cojinetes principales y/o de bancada. Sobre la base de estos diámetros reales medidos los ejes X1, Z1 y WK1 del primer disco de amolado se pueden controlar para obtener un perfil nominal deseado.

Especialmente para cigüeñales de gran tamaño los husillos de amolado deben estar dimensionados también con un tamaño y un peso correspondientes. El movimiento de estas grandes masas requiere de dos accionamientos grande; no obstante, para una superficie superior de alta precisión o un perfil de superficie de revestimiento nominal de alta precisión, especialmente en los cojinetes de un cigüeñal de este tipo, estos accionamientos deben funcionar sin holgura y con un rozamiento extremadamente bajo. La ventaja fundamental del eje WK adicional de los discos de amolado consiste en que los discos de amolado que se mueven con este pueden inclinarse en magnitudes angulares relativamente pequeñas, con poca inercia y con alta precisión para conseguir con ello un amolado fiable y económico

de perfiles de piezas de trabajo curvados y/o inclinados o para poder compensar errores, es decir, desviaciones del perfil nominal cilíndrico deseado. Así, el eje WK se desvía de forma que se puede ajustar con precisión con su accionamiento correspondiente, de modo que el disco de amolado se inclina ligeramente de forma correspondiente respecto a la posición de partida. En esencia este eje pivotante no tiene holgura en su función pivotante. Con la amoladora de acuerdo con la invención es posible, así, amolar también con discos de amolado ajustados con forma plana el así llamado "ballus" en el cojinete correspondiente. Con los ejes X y Z para el movimiento del disco de amolado está fijado un plano de referencia horizontal, como el que existe en el caso de las amoladoras universales redondas/ovaladas habituales. Amolar un perfil cilíndrico preciso supone que los cojinetes principales y/o los cojinetes de bancada están sujetos con sus ejes exactamente paralelos. Por errores de sujeción, que frecuentemente no se pueden evitar, y por el hecho de que los cigüeñales de gran tamaño representan formaciones relativamente flexibles y, a pesar de todas las precauciones, en el amolado no pueden alojarse de forma que los ejes medios de los elementos de tensado y de apoyo de todos los cojinetes principales tengan su recorrido de forma que estén alineados exactamente respecto al eje longitudinal del cigüeñal, de modo que se producen pequeñas desviaciones del perfil nominal deseado, por el eje WK adicional para el disco de amolado es posible contrarrestar estos errores y conseguir así un perfil nominal deseado más preciso justamente en los cigüeñales de gran tamaño. Además, con este eje pivotante WK adicional se da la posibilidad de producir también una superficie de perímetro esférica en el cojinete respectivo que se debe amolar. Un perfil esférico curvado hacia fuera se puede obtener también con un disco de amolado estrecho si este se puede inclinarse hacia ambos lados, es decir, pivotar. De este modo ya no es necesario producir un disco de amolado perfilado disponible según el perfil esférico deseado de un cojinete, disco de amolado que baste con su grosor, es decir, el ancho de disco de amolado, para cubrir el ancho total de cojinete.

Los cabezales de trabajo que agarran los dos extremos del cigüeñal y los tensan por las zonas finales se pueden desplazar especialmente de forma hidráulica. La capacidad de desplazamiento hidráulico hace posible un ajuste exacto y que se pueda colocar correctamente, de forma que el cigüeñal se puede tensar de forma óptima por sus extremos.

El segundo cabezal de amolado presenta preferentemente un segundo disco de amolado, el cual es también un disco de amolado de CBN y está provisto de ejes X2 y Z2 controlados por CNC para el amolado previo y de acabado del cigüeñal. Preferentemente este segundo disco de amolado presenta también un accionamiento adicional controlado por CNC para un eje pivotante WK2. Este eje pivotante WK2 del segundo disco de amolado tiene la misma función y está montado de forma análoga respecto al eje pivotante WK1 para el primer disco de amolado.

Como, de forma condicionada por el desgaste, es necesario ajustar ocasionalmente los discos de amolado de CBN, pero no después de cada proceso de amolado, como es el caso para los discos de amolado de corindón, la amoladora presenta preferentemente, además, un dispositivo de ajuste con una rueda de ajuste diamantada mediante la cual el primer y el segundo disco de amolado se pueden ajustar a su perfil nominal respectivo de disco de amolado.

Para amolar con exactitud las superficies planas de la brida en las zonas finales del cigüeñal, así como los lados planos en las partes laterales del cojinete que delimitan una superficie de cojinete respectiva, además, preferentemente hay dispuesto en uno o en los dos cabezales de amolado un dispositivo de medición de longitud, el cual se puede desplazar a lo largo del eje Z en diferentes posiciones de medición y mediante el cual el segundo disco de amolado se puede controlar en su lugar de amolado para amolar las superficies planas respectivas en el cigüeñal. Así se puede conseguir también una alta precisión de unas superficies planas del cigüeñal respecto a otras. El equipo de medición de longitud presenta preferentemente un cabezal de medición conmutable.

Más preferentemente, la amoladora presenta varias lunetas, preferentemente cuatro. Los soportes de luneta están alojados sobre la mesa de amolado de forma que se pueden desplazar, de modo que pueden aproximarse el punto de apoyo respectivo después de que se hayan amolado en él asientos de luneta correspondientes. Con ello es posible soportar de forma fiable el cigüeñal a lo largo de su dirección longitudinal para impedir su deformación por flexión durante el mecanizado, es decir, para absorber también las fuerzas de amolado introducidas por los discos de amolado en el cigüeñal durante el amolado.

Durante todo el mecanizado de amolado completo los accionamientos rotatorios C1 y C2 permanecen en una posición que tensa el cigüeñal. Esto se consigue, por una parte, durante el amolado de los cojinetes principales y de bancada, mediante mandriles correspondientes con mordazas, las cuales agarran las zonas finales cilíndricas exteriores del cigüeñal. Cuando, conforme a un mecanizado completo del cigüeñal, estas también son amoladas, las mordazas de los mandriles respectivos se sueltan y retroceden. Para que el cigüeñal no se tenga que desmontar, los mandriles presentan puntas accionadas conjuntamente y acopladas con los accionamientos rotatorios C1 y C2, puntas las cuales engranan en las perforaciones de centrado del cigüeñal en las zonas finales cilíndricas y, de esta manera, sujetan el cigüeñal, mientras este rota, entre las puntas.

Para garantizar durante el amolado de los cojinetes de bancada un suministro fiable de agente refrigerante/aceite de amolado a los puntos de amolado, que se mueven excéntricamente, es decir, que circulan sobre un carril orbital, en los cojinetes de bancada, está previsto, además, un dispositivo con un accionamiento adicional por CNC para el reajuste de las toberas de refrigeración, es decir, diseñado de forma que las toberas de refrigeración se mantengan equidistantes respecto a su punto de amolado durante la circulación excéntrica del punto de amolado, de forma que se suministra agente refrigerante al punto de amolado de forma fiable con la misma distancia aproximadamente.

Ahora se describen de forma detallada mediante el siguiente dibujo otras características, ventajas y posibilidades de aplicación de la invención. En el dibujo muestran:

- La figura 1, una vista en planta de la amoladora de acuerdo con la invención,
- La figura 2, una vista parcial de la figura 1 con un cigüeñal fijado en una vista en planta,
- 5 La figura 3, un cigüeñal con zonas de amolado representadas esquemáticamente para ilustrar el objetivo de amolado en el cigüeñal,
- La figura 4, una sujeción, por el lado del cabezal de trabajo, del cigüeñal por sus zonas finales,
- La figura 5, el cabezal de trabajo con las mordazas retiradas y la punta de centrado engranada con el cigüeñal en su perforación de centrado,
- 10 La figura 6, una sujeción, por el lado del contracabezal, del cigüeñal con las mordazas cerradas,
- La figura 7, una sujeción, por el lado del contracabezal, del cigüeñal con la punta de centrado engranada en la perforación de centrado y el disco de amolado indicado para realizar el amolado en la zona final cilíndrica del cigüeñal,
- 15 La figura 8, una representación de acuerdo con la figura 7 pero con una zona final cónica en la parte final cilíndrica del cigüeñal y el disco de amolado indicado,
- La figura 9, una representación con el mandril retirado completamente en el contracabezal y un apoyo adicional de luneta en la zona final cilíndrica del cigüeñal para el amolado del lado frontal de la zona final cilíndrica,
- 20 La figura 10, una representación de la copia mediante un disco de amolado de CBN con diferentes radios de transición en los puntos de apoyo entre la zona de cojinete inmediata y los lados planos,
- La figura 11, un amolado de un perfil de cojinete con el empleo de los ejes pivotantes adicionales WK1 o WK2 en comparación solo con los ejes X y Z,
- La figura 12, una disposición básica de un dispositivo de medición en proceso para medir los diámetros reales en puntos de apoyo,
- 25 La figura 13, una representación básica del reajuste de las toberas de refrigeración al amolar los cojinetes de bancada que circulan excéntricamente, y
- La figura 14, una representación básica de toberas de refrigeración, dispuestas en esencia de forma fija, durante el amolado de los cojinetes de bancada.
- 30 La figura 1 muestra la estructura básica de la amoladora de acuerdo con la invención, sobre la cual pueden mecanizarse cigüeñales de gran tamaño. La amoladora está dispuesta habitualmente sobre un lecho de máquina 1, el cual aloja todos los módulos necesarios. En la zona trasera del lecho de máquina 1 está dispuesto un primer cabezal de amolado 5, el cual soporta un husillo de amolado 6 con un primer disco de amolado de CBN 7. Además, está dispuesto un segundo cabezal de amolado 8, el cual soporta un husillo de amolado 8.1 con un segundo disco de amolado 9. Cada cabezal de amolado 5, 8 está montado en un en un carro cruzado, que presenta respectivamente un eje X y un eje Z controlado. Por medio de estos ejes se pueden mover de forma que se pueden accionar, así, el primer disco de amolado 7, por medio de sus ejes X1 y Z1, así como el segundo disco de amolado 9, por medio de sus ejes X2 y Z2. Además, cada uno de los cabezales de amolado 5, 8 presenta respectivamente en su unidad de usillo de amolado un así llamado eje WK, que hace posible un movimiento pivotante hacia dentro del husillo de amolado 6, en el segundo cabezal de amolado 8 con el disco de amolado correspondiente respectivamente en el punto de apoyo que se debe amolar, para amolar con alta precisión un perfil cilíndrico o para producir de forma buscada en el punto de apoyo un perfil que se desvíe del cilíndrico. Los cabezales de amolado 5, 8 realizan sus movimientos respectivos en el eje X por medio de una guía 22 y sus movimientos por el eje Z por medio de guías correspondientes 21. Al eje pivotante WK1 del primer husillo de amolado 6 en el primer cabezal de amolado 5 se lo denomina WK1 y lleva la referencia 16.1. El eje pivotante del husillo de amolado del segundo disco de amolado 9 en el segundo cabezal de amolado 8 lleva la denominación WK2 y presenta la referencia 16.2. Los accionamientos para el eje Z de los cabezales de amolado 5, 8 se realizan mediante un accionamiento 14 del eje Z1 para el primer cabezal de amolado, mientras que en el segundo cabezal de amolado 8 está previsto un accionamiento 15 para el eje Z2 del segundo disco de amolado. Ambos accionamientos 14, 16 están configurados preferentemente como accionamientos maestro-esclavo.
- 35
- 40
- 45
- 50 En el segundo cabezal de amolado 8 está previsto un dispositivo de colocación longitudinal 19, el cual está previsto para medir las longitudes o para determinar las posiciones de amolado para amolar las superficies planas en el cigüeñal 10.



Todos los movimientos de ejes de la amoladora se pueden producir de forma controlada por CNC.

En la parte delantera sobre el lecho de máquina 1 se encuentra una mesa de amolado 2, sobre la cual está previsto un cabezal de trabajo 3 con un accionamiento 12 para su eje C1. El cabezal de trabajo 3 presenta un husillo de trabajo con un mandril 17, que, además de mordazas, presenta una punta. En su posición de tensión las mordazas 17 se apoyan en el vástago final 10.3 del cigüeñal con un efecto compensador. Las mordazas 17 agarran secciones finales 10.3 del cigüeñal 10, y la punta engrana en una perforación de centrado 10.4 prevista en el lado plano de la sección final 10.3 del cigüeñal 10. El cabezal de trabajo 3 se puede desplazar, preferentemente de forma hidráulica, respecto a su colocación, lo cual está indicado por la flecha doble sobre el husillo de trabajo del cabezal de trabajo 3. Por esta capacidad de desplazamiento es posible que la punta 26 (ver figura 4) pueda sacarse de la perforación de centrado 10.4 del cigüeñal 10 para cargar/descargar el cigüeñal después de retirarse las mordazas 17.

En el lado de la amoladora opuesto al cabezal de trabajo 3 está dispuesto un contracabezal 4, el cual presenta un accionamiento 13 para su eje C2. En lugar de un contracabezal puede estar previsto también un segundo cabezal de trabajo del tipo del cabezal de trabajo 3. En el presente ejemplo de realización, el contracabezal 4 está montado, de forma similar al cabezal de trabajo 3, en una realización en espejo. El contracabezal 4 se puede desplazar también, preferentemente de forma hidráulica, para cargar/descargar el cigüeñal, lo cual está señalado por la doble flecha sobre el husillo de contracabezal. El contracabezal 4 presenta un mandril 18, el cual presenta mordazas y una punta de centrado 27 que se puede accionar conjuntamente, la cual engrana en una perforación de centrado 10.4 dispuesta en el lado plano de la sección final del cigüeñal. Entre el mandril 17 del cabezal de trabajo 3 y el mandril 18 del contracabezal 4 está fijado el cigüeñal 10.

Los dos ejes de accionamiento C1 del cabezal de trabajo 3 y C2 del contracabezal 4 se desplazan como ejes acoplados, de forma que los ejes C1 y C2 se accionan sincrónicamente por electricidad de forma controlada por CNC. Por el accionamiento sincronizado del cigüeñal en ambos extremos de cigüeñal en su estado sujetado se impide que el cigüeñal "se fuerza hacia sí" por toda su longitud por torsión en la zona elástica del material. De esta manera se puede garantizar que el cigüeñal se puede amolar con alta precisión.

Por la longitud relativamente grande del cigüeñal, este se apoya en varios cojinetes principales, en cuatro en el presente caso, mediante lunetas 11, la cuales están fijadas, por su parte, a la mesa de amolado 2 y pueden desplazarse de forma que pueden colocarse en un cojinete principal 10.1 respectivo y soportarlo después de que se hayan amolado asientos de luneta correspondientes en estos cojinetes principales.

Cuando el cigüeñal 10 ha sido amolado completamente y debe descargarse de la amoladora, el mandril 17 del cabezal de trabajo 3 y el mandril 18 del contracabezal 4 se retiran al desengranar al menos tiempo las puntas 26, 27 de los mandriles respectivos. En este caso el cigüeñal descansa en así llamados prismas de apoyo, no representados, que también están montados en la mesa de amolado 2 y agarran dos cojinetes principales 10.1. Entonces, con dispositivos elevadores correspondientes se puede retirar de la amoladora un cigüeñal colocado de esta manera. También se carga en la amoladora un nuevo cigüeñal que todavía se debe amolar, apoyándose este en estos prismas de apoyo, a continuación de lo cual se produce una sujeción de este cigüeñal por sus zonas finales respectivas mediante los mandriles 17 y 18.

Para compensar el desgaste que producen varios procesos de amolado en los discos de amolado de CBN 7, 9 y volver a producir un perfil nominal deseado en el disco de amolado, los discos de amolado se ajustan en intervalos condicionados por el desgaste. Para ello está dispuesto adicionalmente en la mesa de amolado 2 un dispositivo de ajuste 20 con una rueda diamantada, con la cual se puede volver a producir por ajuste, con una precisión micrométrica, la geometría de disco de amolado.

El dispositivo de medición de longitud 19 dispuesto adicionalmente en el segundo cabezal de amolado 8 presenta un cabezal de medición conmutable. Este cabezal de medición conmutable se puede poner en las distintas posiciones de medición mediante el desplazamiento con el eje X2 y el Z2 del cabezal de amolado 8. Con este captador se miden las medidas de longitud reales, por ejemplo, antes del amolado propiamente dicho en la pieza en bruto, así como en el cigüeñal acabado. Con este dispositivo de medición pueden medirse también, no obstante, posiciones radiales.

Para poder medir continuamente las medidas de diámetro reales durante el amolado, así como en la pieza de trabajo acabada, está previsto un así llamado dispositivo de medición en proceso. Por motivos de visibilidad en la figura 1, este no está representado en ella. Estos dispositivos de medición en proceso se montan generalmente en un cabezal de amolado 5, 8, estando previsto normalmente un dispositivo de medición en proceso por husillo de amolado y disco de amolado. Este dispositivo de medición presenta un eje adicional controlado por CNC, de forma que el equipo de medición se puede mover independientemente del movimiento del husillo de amolado con su disco de amolado a lo largo del eje Z. De esta manera es posible mantener valores de medición del diámetro real, por ejemplo, en la dirección longitudinal de los cojinetes principales y de bancada en varias posiciones deseadas. Estos valores de medición son, por una parte, necesarios para supervisar la forma cónica o la esfera de un punto de apoyo incluso durante el proceso de amolado y para realizar, con la base de los valores de medición, un control correspondiente del proceso de amolado del disco de amolado correspondiente. Así, durante el amolado puede realizarse, en caso necesario, una corrección de medidas, de forma que también se consigue el perfil nominal amolado. Con ello también es posible conseguir una alta precisión también en el caso de estos cigüeñales de gran tamaño. Este dispositivo de medición ofrece, así, la

base para realizar también, en unión con el accionamiento adicional de los ejes pivotantes WK1 y WK2 con las referencias 16.1 o 16.2, una corrección durante el amolado para conseguir un perfil de superficie de revestimiento deseado lo más exacto posible en el punto de apoyo respectivo.

5 El amolado de los cigüeñales se realiza en los puntos de apoyo, así como en las partidas centrales en los extremos de árbol, mediante discos de amolado con revestimiento de CBN. Preferentemente se emplea para ello CBN combinado con cerámica, CBN el cual se puede ajustar también en el proceso de amolado continuo en los intervalos condicionados por el desgaste ya descritos. No obstante, para tareas de amolado especiales pueden emplearse también discos de amolado con CBN con revestimiento galvánico.

10 En la figura 2 está representada una vista parcial de la figura 1, vista parcial en la cual la estructura de mesa de amolado está representada ampliada, estructura la cual muestra el cabezal de trabajo 3 con el eje C1 y su mandril 17, así como el contracabezal 4 con su eje C2 con el mandril 18 correspondiente, manteniendo el cabezal de trabajo 3 y el contracabezal 4 sujeto el cigüeñal 10 entre sus mandriles 17, 18. La sujeción se realiza de forma que los ejes medios del cabezal de trabajo 3, del cigüeñal, es decir, sus cojinetes principales 10.1, y del contracabezal 4 se alinean exactamente unos con otros. El cigüeñal 10 está fijado por sus zonas finales respectivas a los vástagos 10.3 con las mordazas 17.1, 18.1 y las puntas 26, 27 respectivas de los mandriles 17, 18. Entre cada dos cojinetes principales 10.1 están dispuestos cojinetes de bancada 10.2 correspondientes del cigüeñal 10. En los cojinetes principales 10.1, los cuales representan puntos de apoyo centrales, están colocadas lunetas 11 para soportar el cigüeñal 10 y en los puntos de apoyo 10.1 centrales las lunetas están engranadas con estos. El cigüeñal 10 está sujeto fijamente por sus extremos centrales y, tanto por el accionamiento del eje C1 en el lado izquierdo como por el accionamiento C2 en el lado derecho, se acciona sincrónicamente uno respecto a otro. Las mordazas 17.1, 18.1 y las puntas de centrado 26, 27 están configuradas de forma que las mordazas 17.1, 18.1 de compensación permiten errores en la marcha concéntrica o imprecisiones de forma en el punto de tensado sin tener un efecto de forma apreciable en las puntas de centrado 26, 27 en el mandril 17, 18. También es posible emplear mandriles que tensen de forma centrada en lugar de mandriles 17, 18 con puntas de centrado 16, 27.

25 En la figura 2 se muestra el estado de tensión para el amolado de los puntos de apoyo 10.1, 10.2. Al amolar las zonas finales del cigüeñal 10 deben modificarse en la máquina los estados de tensión del cigüeñal 10, lo cual se describe en las siguientes figuras, pero sin abandonar la sujeción central del cigüeñal 10. Con ello es posible que tanto los cojinetes principales 10.1 como los cojinetes de bancada 10.2, así como las zonas finales 10.3 del cigüeñal 10 se puedan amolar en un solo paso de fijación.

30 En la figura 3 se muestra en una representación simplificada un cigüeñal 10 en el que están dibujadas zonas de amolado 23, 24, 25 señaladas, es decir, las zonas que deben mecanizarse en el cigüeñal 10 conforme al mecanizado completo. Esta representación agrupa las tareas de amolado correspondientes, es decir, en el presente caso, para un cigüeñal de 8 cilindros de un motor o para un cigüeñal de 16 cilindros de un motor en V. En el cigüeñal 10 se deben amolar los cojinetes principales 10.1, los cojinetes de bancada 10.2 y los extremos de árbol con sus zonas finales en forma de vástagos 10.3, lo cual se efectúa en una sola máquina en un paso de fijación sin que el cigüeñal 10 tenga que cargarse/descargarse mientras tanto. Los cojinetes principales 10.1 están representados por la zona de amolado 23 para los cojinetes principales; los cojinetes de bancada 10.2, por la zona de amolado 24 para los cojinetes de bancada; y las zonas finales cilíndricas en forma de vástagos 10.3, por la zona de amolado 25 para los vástagos. Además, en el lado derecho, el cigüeñal presenta una brida 10.6, la cual debe amolarse también en sus lados planos. Además, en sus extremos frontales, el cigüeñal 10 perforaciones de centrado 10.4, las cuales están previstas para que las puntas de centrado 26, 27 de los mandriles 17, 18 respectivos engranen y alojen 10 el cigüeñal 10 de forma que lo centran.

45 En el caso de la tarea de amolado general, primero, los asientos de luneta en los cojinetes principales 10.1 del cigüeñal reciben un tratamiento de amolado previo, de forma que se rectifica un asiento de luneta redondo amolado con limpieza. En el transcurso posterior, los demás asientos de luneta se amuelan uno tras otro o también al mismo tiempo hasta que el cigüeñal 10 con sus lunetas 11 colocadas está apoyado de forma estable en los cojinetes principales 10.1 por toda su longitud. Así, en el transcurso posterior los cojinetes de bancada 10.2 y los cojinetes principales 10.1 reciben un tratamiento de amolado previo, de forma que todos los puntos de apoyo reciben un tratamiento de amolado previo en sus diámetros, transiciones de radios y lados planos. Después del amolado previo se efectúa el amolado de acabado de los cojinetes de bancada, de los cojinetes principales y de los extremos de árbol en la medida final. El amolado previo y el amolado de acabado se efectúan preferentemente con un y el mismo disco de amolado 7, 9. En el amolado completo del cigüeñal 10 se emplean los procedimientos descritos anteriormente la forma que es ventajosa y razonable desde el punto de vista tecnológico para el amolado de los cigüeñales correspondientes, dependiendo el orden del amolado del cigüeñal respectivo y pudiendo variar completamente. En general, en el caso de los cigüeñales de gran tamaño puede no estar definido ni predeterminado fijamente un orden de amolado definido, ya que la tecnología del amolado depende mucho del procesamiento y del comportamiento durante el amolado en relación con las tensiones que se liberan y, con ello, en unión con una posible distorsión del cigüeñal. Como otro factor que puede influir a la hora de determinar el orden de amolado se debe considerar el material del que está compuesto el cigüeñal. Incluso los cigüeñales mecanizados previamente de forma idéntica que están compuestos de diferentes materiales o han pasado por un tratamiento de endurecimiento que difiere de los demás, deben mecanizarse, tomando en consideración también estas propiedades, de forma parcialmente distinta en cuanto al proceso de amolado. Otro factor influyente para ello es la frecuencia propia del cigüeñal, la cual puede dar como consecuencia o requerir también procesos de amolado definidos.

La figura 4 representa una representación ampliada de la figura 2, estando el cigüeñal 10 mostrado solo parcialmente. Complementando a la figura 2, en esta figura están representados en una representación ampliada los mandriles 17 del cabezal de trabajo 3 con sus mordazas 17.1 y la punta de centrado 26, así como el mandril 18 del contracabezal 4 con sus mordazas 18.1 y la punta de centrado 27. Las puntas de centrado 26, 27 están configuradas de forma que se accionan conjuntamente, de modo que cuando se han retirado las mordazas 17.1 el cigüeñal sigue manteniéndose centrado por medio de las puntas de centrado 26, 27 y está fijado. Se muestran dos lunetas 11.

En la figura 5 está mostrado el mandril 17, por el lado del cabezal de trabajo, con las mordazas 17.1 abiertas, las cuales se han retirado. La retirada está señalada por la doble flecha señalada respectivamente hacia arriba y hacia abajo. El mandril 17 presenta, además, la punta de centrado 26 que, con las mordazas retiradas, soporta y fija, de forma centrada además, el cigüeñal 10 por sus vástagos 10.3. Una luneta 11 soporta el primer cojinete principal 10.1 visto desde la izquierda hacia el primer cojinete de bancada 10.2 del cigüeñal, estando dispuesta la luneta 11 sobre un soporte, el cual está fijado a la mesa de amolado 2.

En la posición representada con las mordazas 17.1 retiradas, se pueden amolar los vástagos 10.3 de las zonas finales del cigüeñal 10, así como lados planos presentes eventualmente. Durante el amolado de la zona final izquierda, el cigüeñal 10 permanece, además, en el mandril 18 en el contracabezal 4 (no representado), de forma que adicionalmente a la punta de centrado 26 accionada, la cual realiza el eje C1, el eje C2 del contracabezal 4 acciona el cigüeñal 10 de forma rotatoria para el amolado. Evidentemente también es posible no accionar conjuntamente el husillo de trabajo durante el amolado del vástago 10.3, de forma que entonces existe una punta en vertical. Esto depende de la tarea de amolado respectiva y de la configuración respectiva del cigüeñal que se debe amolar.

En la figura 6 está representada, en una representación ampliada respecto a la figura 4, la disposición del contracabezal 4 con su accionamiento C2 en el estado sujeto del vástago derecho 10.3 del cigüeñal 10. La representación se corresponde, principalmente en cuanto a la disposición, con la representación de acuerdo con la figura 5 para el cabezal de trabajo 3, con la excepción de que en estado tensado el mandril 18 agarra el vástago 10.3 con sus mordazas 18.1 y la punta de centrado 27 del contracabezal 4.

En la figura 7 está representado cómo la zona final cilíndrica en forma de vástago 10.3 se puede amolar, en cuanto a la zona de amolado 25, con el disco de amolado 9. A este respecto, el mandril 18 del contracabezal 4 está retirado en cuanto a las mordazas 18.1, lo cual está marcado por la flecha doble señalada hacia arriba y hacia abajo del mandril 18. La punta de centrado 27 del mandril 18 está engranada, tanto antes como después, con la perforación de centrado 10.4 en el lado frontal del vástago 10.3 del cigüeñal 10. En el caso de que las mordazas 18.1 estén retiradas, la zona final cilíndrica en forma de vástago del cigüeñal 10 se puede amolar en la zona de amolado 25 mediante el disco de amolado 9, de forma que esta zona del cigüeñal se puede amolar en cuanto al diámetro y, dado el caso, también por los lados planos presentes de la brida 10.6. El amolado del vástago 10.3 puede amolarse en un amolado por incisiones múltiples. Después de la segunda incisión con el disco de amolado 9 este se "deforma" en toda la longitud del vástago, de forma que en la pieza acabada existe un diámetro completamente cilíndrico. No está representado el lado izquierdo del cigüeñal 10 con el cabezal de trabajo 3 dispuesto en él, cuyo mandril 17 mantiene, además, sujeto el cigüeñal 10, de forma que el accionamiento de eje C1 del cabezal de trabajo 3 acciona el cigüeñal 10 de forma rotatoria para el amolado. De forma conveniente, la punta de centrado 27 en el contracabezal 4 está accionada también durante este mecanizado, de forma que por el lado del contracabezal existe una punta que gira conjuntamente. No obstante, también es posible que el husillo de contracabezal no se accione durante esta parte del amolado, de forma que existe una punta en vertical o que simplemente rota conjuntamente.

En la figura 8 está mostrada una representación que se corresponde con la figura 7 pero con la diferencia de que en el extremo del cigüeñal 10 no se amueña ninguna sección cilíndrica, sino una sección cilíndrica con un cono 38 en el lado del extremo que se encuentra en ella. El movimiento pivotante hacia dentro del disco de amolado 9 se efectúa, a este respecto, por medio del eje pivotante WK, en el presente caso, por medio del eje pivotante WK2 16.2. Al amolar el cono 38 el disco de amolado 9 se desplaza a lo largo de la línea de revestimiento del cono 38, es decir el eje X2 y el eje Z2 se activan de forma que se interpolan, de modo que el disco de amolado 9 se desplaza según una interferencia de un movimiento del eje X y del eje Z.

En la figura 9 está representado otro ejemplo de realización de cómo el mecanizado completo de un cigüeñal de gran tamaño se puede amolar también en los lados frontales de sus vástagos cilíndricos 10.3 por el lado del extremo. La disposición básica se corresponde con la mostrada en la figura 7, estando el contracabezal 4 con su mandril 18 con las mordazas 18.1 y la punta de centrado 27 retirados conjuntamente de un engranaje con el cigüeñal 10, lo cual está marcado por la flecha doble oscura en el contracabezal 4. Para que – como se representa en la figura 9 – el disco de amolado 9 pueda amolar el lado frontal del vástago 10.3, el contracabezal 4 debe estar tan retirado que se haga posible una distancia suficientemente grande entre el mandril 18 y el lado frontal, que presenta la punta de centrado 10.4, del vástago 10.3 del cigüeñal 10. Para amolar este lado frontal se coloca una luneta 11 adicional, la cual está colocada en el vástago 10.3, de forma que el vástago 10.3 se puede amolar en el cigüeñal 10 sin desviación desde la línea central. A este respecto, durante el amolado en plano el disco de amolado 9 se desplaza desde el perímetro exterior del vástago 10.3 hacia el eje longitudinal medio del cigüeñal a lo largo de su eje X2. La magnitud de la abrasión de amolado se realiza por medio del ajuste del disco de amolado 9 en su eje Z2. En el modo de trabajo representado de acuerdo con la figura 9 es posible, así, que el mecanizado completo del cigüeñal 10 comprenda también los lados frontales de los vástagos finales 10.3 del cigüeñal. En el cabezal de trabajo 3, el mandril se mantiene, tanto respecto a las mordazas 17.1 como a la punta de centrado 26, engranado con el vástago del lado izquierdo, de forma que el

accionamiento de eje C1 del cabezal de trabajo 3 acciona el cigüeñal 10 de forma rotatoria para el amolado.

En la figura 10 está representado esquemáticamente como se “copia” en un punto de apoyo un radio de transición del punto de apoyo propiamente dicho por interpolación de los movimientos, es decir, de los accionamientos de los ejes X y Z en el amolado mediante el disco de amolado 7, 9. El movimiento del disco de amolado 7, 9 a lo largo del radio de transición que se debe amolar está señalado por las dos flechas en la zona de debajo del disco de amolado 7, 9. Mediante este procedimiento es posible que con un y el mismo disco de amolado de CBN se puedan amolar puntos de apoyo con diferentes “radios de ángulos”.

Con un y el mismo disco de amolado 7, 9 puede amolarse también el lado plano 28 que delimita el punto de apoyo propiamente dicho. A este respecto, puede ser necesario, además, que, en el caso del amolado de un lado plano 28 que esté orientado perpendicularmente respecto al eje longitudinal del punto de apoyo y, con ello, del cigüeñal 10, el disco de amolado 7, 9 pivote ligeramente hacia dentro en torno a su eje pivotante WK 16.1 o 16.2, de forma que el lado plano 28 puede amolarse con fiabilidad en cada ángulo deseado respecto al eje longitudinal del cojinete.

Este procedimiento o esta amoladora para la realización del procedimiento se pueden aplicar en las zonas finales del cigüeñal también en transiciones de diámetros perfilados correspondientemente.

En la figura 11 se muestra cómo con el movimiento adicional en torno al eje WK1 o WK2 del disco de amolado 7, 9 se puede producir, por ejemplo, un contorno esférico en un punto de apoyo sin que el disco de amolado tenga que ajustarse para obtener una forma cóncava en su superficie de revestimiento. La ventaja de los accionamientos adicionales para los ejes pivotantes WK1 y WK2 consiste también, sobre todo, en que con una configuración cilíndrica de la superficie de revestimiento exterior del disco de amolado –se habla también de una superficie de revestimiento “plana”–, mediante, por ejemplo, un movimiento pivotante periódico del disco de amolado 7, 9 en torno a su eje WK respectivo se puede producir una forma esférica. Esto simplifica el proceso de ajuste, y esto aumenta también la flexibilidad de empleo de la amoladora de acuerdo con la invención para cualquier perfil deseado en los puntos de apoyo o en las zonas finales, de forma que se desvía de un perfil cilíndrico o que se corrige para obtener un perfil cilíndrico con forma más cilíndrica. Con una disposición de este tipo es posible amolar con el mismo disco de amolado diferentes tipos de esferas en los puntos de apoyo de los cojinetes de bancada 10.2 o de los cojinetes principales 10.1.

En la parte izquierda de la figura 11 está representada la conducción perpendicular del disco de amolado 7, 9 a lo largo de su eje X1 o X2, es decir, en el transcurso del así llamado amolado por incisión. En el caso de los cigüeñales de gran tamaño, como se señala mínimamente también en la figura 11, la anchura del disco de amolado 7, 9 es inferior a la longitud del cojinete entre las superficies planas laterales que delimitan este cojinete. Por consiguiente, con frecuencia se amuela una superficie de cojinete meramente cilíndrica de forma que primero, en el amolado previo, se obtiene un perfil de amolado previo en varios procesos de amolado por incisión consecutivos. La pequeña sobremedida para el amolado de acabado que queda después del amolado previo se elimina entonces por la longitud del cojinete mediante una distorsión lateral, lo cual implica también el pulido de la superficie superior.

Cuando la anchura del disco de amolado 7, 9 es inferior a la longitud del punto de apoyo, con el procedimiento de acuerdo con la invención y la amoladora de acuerdo con la invención es posible realizar un movimiento pivotante en torno al eje WK1 o WK2, de forma que –como se muestra en la parte derecha de la figura– se produce un punto de apoyo con perfil esférico. Cuando el disco de amolado pivota hacia la derecha en torno a su eje WK1 o WK2, el perfil dibujado con una línea discontinua es el perfil máximo hasta el que el disco de amolado 7, 9 puede pivotar sin toparse con los lados planos amolados anteriormente. En la producción de puntos de apoyo esféricos se debe esperar, por el movimiento pivotante necesario del disco de amolado en torno al eje WK, una ligera deformación, presente dado el caso, en el radio de transición del punto de apoyo propiamente dicho al lado plano, situándose esta deformación, sin embargo, en el intervalo de tolerancia permitido, pues la forma esférica del perfil de punto de apoyo se configura solo, de todos modos, en el intervalo micrométrico.

La ventaja del disco de amolado no perfilado consiste justamente también en que la así llamada superficie de revestimiento plana del disco de amolado 7, 9 puede emplearse sin problema para producir una estructura esférica tanto de una superficie de cojinete como de puntos de apoyo cilíndricos o vástagos cilíndricos en los extremos de árbol del cigüeñal.

En la figura 12 está representado un dispositivo de medición 30 que está dispuesto sobre el cabezal de amolado 5, 8 de forma que puede pivotar hacia dentro. El dispositivo de medición pivota hacia fuera por una curva de movimiento pivotante 33 mediante cilindros hidráulicos 32 con el fin de cargar/descargar el cigüeñal 10 de la amoladora a una posición libre fuera del disco de amolado. La curva de movimiento pivotante 22 está representada como línea discontinua. El dispositivo de medición 30 se puede emplear tanto para cojinetes principales 10.1 como para cojinetes de bancada 10.2 y presenta en su extremo delantero un prisma de medición 31, el cual puede pivotar hacia un punto de apoyo 10.1/10.2. Como el dispositivo de medición 30 puede pivotar lateralmente hacia un punto de apoyo 10.1 o 10.2 respectivo se puede implementar una medición del diámetro correspondiente en el punto de apoyo durante el amolado con el disco de amolado 7, 9. Como en el caso de los cigüeñales de gran tamaño la anchura del disco de amolado 7, 9 es inferior a la longitud del punto de apoyo respectivo, el disco de amolado debe ponerse en diferentes posiciones de amolado en su dirección Z para el amolado. Para mantener una alta precisión del punto de apoyo que se debe amolar, el cual debe incluir también la medición de un perfil que se desvía de un perfil exterior cilíndrico, de

acuerdo con la invención está previsto que el dispositivo de medición 30 se pueda mover en una dirección mediante un eje adicional propio controlado por CNC y se pueda colocar en varios lugares diferentes en un punto de apoyo que tenga su recorrido paralelamente respecto al eje longitudinal de cigüeñal. Con el dispositivo de medición existente se puede realizar también una medición posterior al proceso en los puntos de apoyo.

- 5 Cuando no se amuela con el disco de amolado 7, 9, como, por ejemplo, en la carga o la descarga, el dispositivo de medición está pivotado hacia fuera de la zona de trabajo del disco de amolado 7, 9. Durante la medición el cigüeñal 10 permanece siempre en la máquina.

En la figura 13 está representado, de acuerdo con otro ejemplo de realización, cómo se conducen toberas de refrigeración 35 en el amolado del cojinete de bancada que circula excéntricamente de forma que la distancia de las toberas de refrigeración respecto al punto de engranaje de disco de amolado se mantiene aproximadamente igual. En la figura 13A se muestra cómo el disco de amolado 7, 9 se engrana, a lo largo de su dirección de rotación 34 y a lo largo de su dirección de aproximación X, con un vástago de cojinete de bancada 10.2. La rotación del cigüeñal 10 se muestra mediante la flecha discontinua señalada en la parte derecha del dibujo parcial A. La flecha doble 36 curva atravesada muestra el movimiento de una tobera de refrigeración 35 con su propio eje de movimiento controlado por CNC. En este caso los cojinetes principales 10.1 no se amuelan. La figura 13B muestra cómo el cigüeñal ha rotado 90° respecto a la figura 13A, siguiendo el disco de amolado 7, 9, por su movimiento a lo largo del eje X, al vástago de elevación 10.2. Del mismo modo, las toberas de refrigeración 35 están conducidas por un movimiento a lo largo del eje de tobera de refrigeración controlado por CNC. En la figura 13C está dibujado, rotado 180° respecto a la figura 13A, el movimiento del vástago de elevación 10.2, pudiendo observarse también en este caso que las toberas de refrigeración 35 presentan una distancia casi igual de grande respecto al punto de engranaje de amolado inmediato del disco de amolado 7, 9 en el vástago de elevación 10.2. Por último, en la figura 13D está representado el caso en el que el cigüeñal ha rotado 270° respecto al punto de partida de acuerdo con la figura 13A, siendo conducidas las toberas de refrigeración 35 del mismo modo y presentando una distancia aproximadamente igual de grande respecto al punto de engranaje de amolado. El disco de amolado 7, 9 realiza este movimiento de amolado en un así llamado amolado de carrera pendular, garantizando las toberas de refrigeración 35 conducidas por el eje de toberas de refrigeración controlado por CNC una refrigeración fiable y óptima del punto de engranaje de amolado del disco de amolado 7, 9 en el vástago de elevación 10.2 que se debe amolar.

30 Cuando, como se muestra en la figura 14, se amolad un cojinete principal 10.1 de un cigüeñal 10, evidentemente no es necesario activar el eje de toberas de refrigeración controlado por CNC. Más bien las toberas de refrigeración 35 pueden disponerse de forma fija, de modo que con la rotación correspondiente del cigüeñal 10 las toberas de refrigeración 35 están, a pesar de todo, a una distancia constante respecto al punto de engranaje de amolado del disco de amolado 7, 9 en el vástago de cojinete principal 10.1. También están dibujadas la dirección de rotación 34 del disco de amolado y un ajuste a lo largo del eje X.

35 Con la amoladora de acuerdo con la invención es posible una alta flexibilidad en el mecanizado por la técnica del amolado de cigüeñales de gran tamaño con las configuraciones más diversas, con los materiales más diversos y los requisitos más diversos, es decir, manteniendo una elevada calidad de mecanizado.

### **Referencias**

- 1 Lecho de máquina
- 2 Mesa de amolado
- 40 3 Primer cabezal de trabajo con eje C1
- 4 Contracabezal /segundo cabezal de trabajo con eje C2
- 5 Primer cabezal de amolado
- 6 Husillo de amolado
- 7 Primer disco de amolado
- 45 8 Segundo cabezal de amolado
- 8.1 Husillo de amolado
- 9 Segundo disco de amolado
- 10 Cigüeñal
- 10.1 Cojinete principal
- 50 10.2 Cojinete de bancada
- 10.3 Vástago final
- 10.4 Punta de centrado
- 10.5 Parte lateral
- 10.6 Brida
- 55 11 Luneta
- 12 Accionamiento de eje C1
- 13 Accionamiento de eje C2
- 14 Accionamiento de eje Z1
- 15 Accionamiento de eje Z2
- 60 16.1 Eje pivotante WK1
- 16.2 Eje pivotante WK2

	17	Mandril de cabezal de trabajo
	17.1	Mordazas
	18	Mandril de contracabezal
	18.1	Mordazas
5	19	Dispositivo de medición de longitud
	20	Dispositivo de ajuste
	21	Guía de eje Z
	22	Guía de eje X
	23	Zona de amolado de cojinete principal
10	24	Zona de amolado de cojinete de bancada
	25	Zona de amolado de vástago final
	26	Punta de centrado de cabezal de trabajo
	27	Punta de centrado de contracabezal
	28	Lado plano de cojinete principal / de bancada
15	29	Perfil esférico de punto de apoyo
	30	Dispositivo de medición
	31	Prisma de medición
	32	Cilindro hidráulico
	33	Curva de movimiento pivotante
20	34	Dirección de rotación de disco de amolado
	35	Tobera de refrigeración
	36	Movimiento de tobera de refrigeración
	37	Dirección de rotación de cigüeñal
	38	Cono
25		

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para el amolado completo de cigüeñales de gran tamaño de motores de camión, de barco o de motores estacionarios, en el que

- 5 a) al menos cojinetes principales y cojinetes de bancada (10.1, 10.2) del cigüeñal (10) reciben un tratamiento de amolado previo y de amolado de acabado con al menos un primer disco de amolado de CBN (7);
- b) el amolado previo y el amolado de acabado se efectúan en un solo paso de fijación del cigüeñal (10);
- c) reciben un tratamiento de amolado previo cojinetes principales (10.1) del cigüeñal (10), asientos de luneta incluidos;
- 10 d) se coloca en cada caso una luneta en los asientos de luneta amolados;
- e) el cigüeñal (10) se acciona en ambos extremos de sujeción mediante accionamientos C1 (12) y C2 (13) eléctricos que funcionan sincrónicamente uno respecto a otro;

**caracterizado por que**

- f) al menos las dos zonas finales del cigüeñal (10) reciben un tratamiento de amolado previo y de acabado;
- 15 g) se produce una forma deseada de la superficie de revestimiento de los cojinetes de bancada (10.2) y/o principales mediante el movimiento interpolable del primer disco de amolado (7) en cada caso con ejes WK1, controlados por CNC, que representan a un eje X1, que provoca una aproximación del primer disco de amolado perpendicularmente respecto al eje longitudinal del cojinete principal o de bancada; a un eje Z1, que provoca un movimiento del primer disco de amolado paralelamente respecto al eje longitudinal del cojinete principal o de bancada; y a un eje pivotante del primer disco de amolado, eje pivotante que tiene su recorrido a través del disco de amolado y del punto de engranaje del disco de amolado respecto al eje longitudinal de cigüeñal, presentando
- 20 el primer disco de amolado (7) una anchura que es inferior a la longitud axial de los cojinetes principales (10.1) y de bancada (10.2) del cigüeñal (10);
- h) en un proceso de medición se miden al menos dos diámetros reales en lugares de medición separados unos de otros a lo largo de la longitud axial del cojinete principal (10.1) y/o de bancada (10.2) y con la base de los resultados de medición se controlan los ejes X1, Z1 y WK1 (16.1) del primer disco de amolado (7) para obtener un perfil nominal deseado de la superficie de los cojinetes principales y/o de bancada del cigüeñal (10).
- 25

2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual se controlan los ejes X1, Z1 y WK1 (16.1) de al menos el primer disco de amolado (7) de forma que se produce una forma cilíndrica de los cojinetes principales (10.1) y/o de bancada (10.2).

30 3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual se controlan los ejes X1, Z1 y WK1 (16.1) de al menos el primer disco de amolado (7) de forma que se produce una forma deseada que se desvía de la forma cilíndrica de los cojinetes principales (10.1) y/o de bancada (10.2).

35 4. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 3, en el cual se miden medidas de longitud del cigüeñal (10) y se transmiten, para el control de la posición de amolado de al menos el primer disco de amolado (7), a su control por CNC para los ejes X1 y Z1.

5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, en el cual, durante el amolado de una zona final del cigüeñal (10), se suelta un mandril (17) en un cabezal de trabajo (3) y en un contracabezal (4) o en un segundo cabezal de trabajo (4) de esta zona final y el cigüeñal (10) se mantiene centrado mediante una punta (27) del mandril (18).

40 6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, en el cual, durante el amolado de una zona final del cigüeñal (10), se suelta un mandril (17) en un cabezal de trabajo (3) y en un contracabezal (4) o en un segundo cabezal de trabajo (4) de esta zona final y el cigüeñal (10) se sujeta mediante una luneta (11) adicional.

45 7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, en el cual un segundo disco de amolado de CBN (9) realiza el amolado previo y el amolado de acabado del cigüeñal mediante sus accionamientos de ejes X2 y Z2 (15), controlados por CNC, así como mediante un accionamiento adicional de eje pivotante WK2 (16.2) controlado por CNC.

8. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7, en el cual se amuelan al menos cuatro asientos de luneta (11).

9. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, en el cual se amuela con el primer disco de amolado (7) al menos una zona final del cigüeñal (10).

50 10. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 a 9, en el cual se amuela con el segundo disco de amolado (9) al menos una zona final del cigüeñal (10).

11. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 a 10, en el cual se amuelan por copia mediante el disco de amolado de CBN (7, 9) radios del perfil de superficie de revestimiento del cigüeñal (10).

12. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 11, en el cual se ajusta al menos el primer disco de

amolado (7) en intervalos definidos entre el mecanizado de amolado del cigüeñal (10).

13. Amoladora para el mecanizado completo de cigüeñales de gran tamaño de motores de camión, barco o de motores estacionarios, la cual presenta, dispuestos sobre su lecho de máquina (1):

- 5 a) un primer (3) y un segundo cabezal de trabajo (4), dispuestos respectivamente sobre una mesa de amolado (2), con un accionamiento rotatorio C1 (12) y C2 (13), controlados por CNC, por cada uno, estando fijado entre los cabezales de trabajo (3, 4) el cigüeñal (10) que se debe amolar y accionando los accionamientos C1 (12) y C2 (13) el cigüeñal de forma rotatoria y sincrónicamente uno respecto a otro;
- 10 b) un primer cabezal de amolado (5) con al menos un primer disco de amolado de CBN (7) con accionamientos (14) controlados por CNC de su eje X1, que provoca una aproximación del primer disco de amolado perpendicularmente respecto al eje longitudinal del cojinete principal o de bancada y de su eje Z1, que provoca un movimiento del primer disco de amolado paralelamente respecto al eje longitudinal del cojinete principal o de bancada, para el amolado previo y el amolado de acabado de al menos cojinetes principales (10.1) y cojinetes de bancada (10.2) del cigüeñal (10),
- 15 c) lunetas (11), que están dispuestas sobre soportes respectivos y están colocadas en un cojinete principal (10.1) respectivo de cigüeñal, en el cual se ha amolado con el primer disco de amolado (7) un asiento de luneta, estando las lunetas en contacto con el cojinete principal;
- 20 d) un dispositivo de medición (30), que está dispuesto al menos sobre uno de los cabezales de amolado (5, 8) y presentando un eje de desplazamiento, el cual tiene su recorrido paralelo respecto al eje longitudinal de los cojinetes principales (10.1) o de bancada (10.2) y a lo largo del cual el equipo de medición (30) se puede colocar en posiciones de medición en las cuales se pueden grabar diámetros reales mediante el equipo de medición (30),

**caracterizada porque**

- 25 e) el primer disco de amolado (7) presenta otro accionamiento (16.1) controlado por CNC para un eje pivotante WK1, que representa un eje pivotante del primer disco de amolado, eje pivotante que tiene su recorrido a través del disco de amolado y del punto de engranaje del disco de amolado respecto al eje longitudinal de cigüeñal, y los ejes X1, Z1 y WK1 se pueden controlar de forma interpolable uno respecto a otro e independientemente uno de otro de forma que se puede conseguir un perfil de superficie de revestimiento deseado de al menos los cojinetes principales y de bancada; y
- 30 f) el equipo de medición (30) está configurado para medir en un proceso de medición al menos dos diámetros reales en lugares de medición separados unos de otros a lo largo de la longitud axial de los cojinetes principales y/o de bancada y con la base de estos diámetros reales medidos los ejes X1, Z1 y WK1 (16.1) del primer disco de amolado (7) se pueden controlar para conseguir un perfil nominal deseado.

14. Amoladora de acuerdo con la reivindicación 13, en la cual los accionamientos rotatorios C1 (12) y C2 (13) están configurados como árbol eléctrico que los conecta.

35 15. Amoladora de acuerdo con las reivindicaciones 13 o 14, en la cual los cabezales de trabajo (3, 4) se pueden desplazar, especialmente, de forma hidráulica.

16. Amoladora de acuerdo con una de las reivindicaciones 13 o 15, en la cual el segundo cabezal de amolado (8) está provisto de un segundo disco de amolado de CBN (9) con ejes X2 y Z2 (15) controlados por CNC para el amolado previo y de acabado.

40 17. Amoladora de acuerdo con una de las reivindicaciones 13 a 16, en la cual está dispuesto sobre la mesa de amolado (2) un dispositivo de ajuste (20) con una rueda de ajuste diamantada, mediante la cual se pueden ajustar el primer (7) y el segundo disco de amolado (9) a su perfil nominal respectivo.

45 18. Amoladora de acuerdo con una de las reivindicaciones 13 a 17, en la cual en el primer (5) y/o en el segundo cabezal de amolado (8) está dispuesto un dispositivo de medición de longitudes, que se puede desplazar a lo largo de los ejes Z1 o Z2 en diferentes posiciones de medición y mediante el cual se pueden controlar el primer (7) o el segundo disco de amolado (9) en su lugar de amolado en el cigüeñal (10).

19. Amoladora de acuerdo con la reivindicación 18, en la cual el equipo de medición longitudinal presenta un cabezal de medición de longitudes conmutable.

20. Amoladora de acuerdo con una de las reivindicaciones 13 a 19, en la cual el segundo disco de amolado (9) presenta un accionamiento (16.2) adicional controlado por CNC para un eje pivotante WK2.

50 21. Amoladora de acuerdo con una de las reivindicaciones 13 a 20, en la cual están previstas al menos cuatro lunetas (11).

22. Amoladora de acuerdo con una de las reivindicaciones 13 a 21, en la cual los accionamientos rotatorios C1 (12) y C2 (13) permanecen en su posición tensora del cigüeñal durante el mecanizado de cojinetes principales y de bancada del cigüeñal (10).



23. Amoladora de acuerdo con una de las reivindicaciones 13 a 22, en la cual están previstas toberas de refrigeración (35) con un accionamiento controlado por CNC adicional para conducir las toberas de refrigeración (35) hacia el punto de amolado que se mueve excéntricamente, toberas de refrigeración que, con una disposición esencialmente equidistante, suministran agente refrigerante al punto de amolado que se mueve excéntricamente con la rotación del cigüeñal (10) durante el amolado de los cojinetes de bancada (10.2).

5

Fig. 1

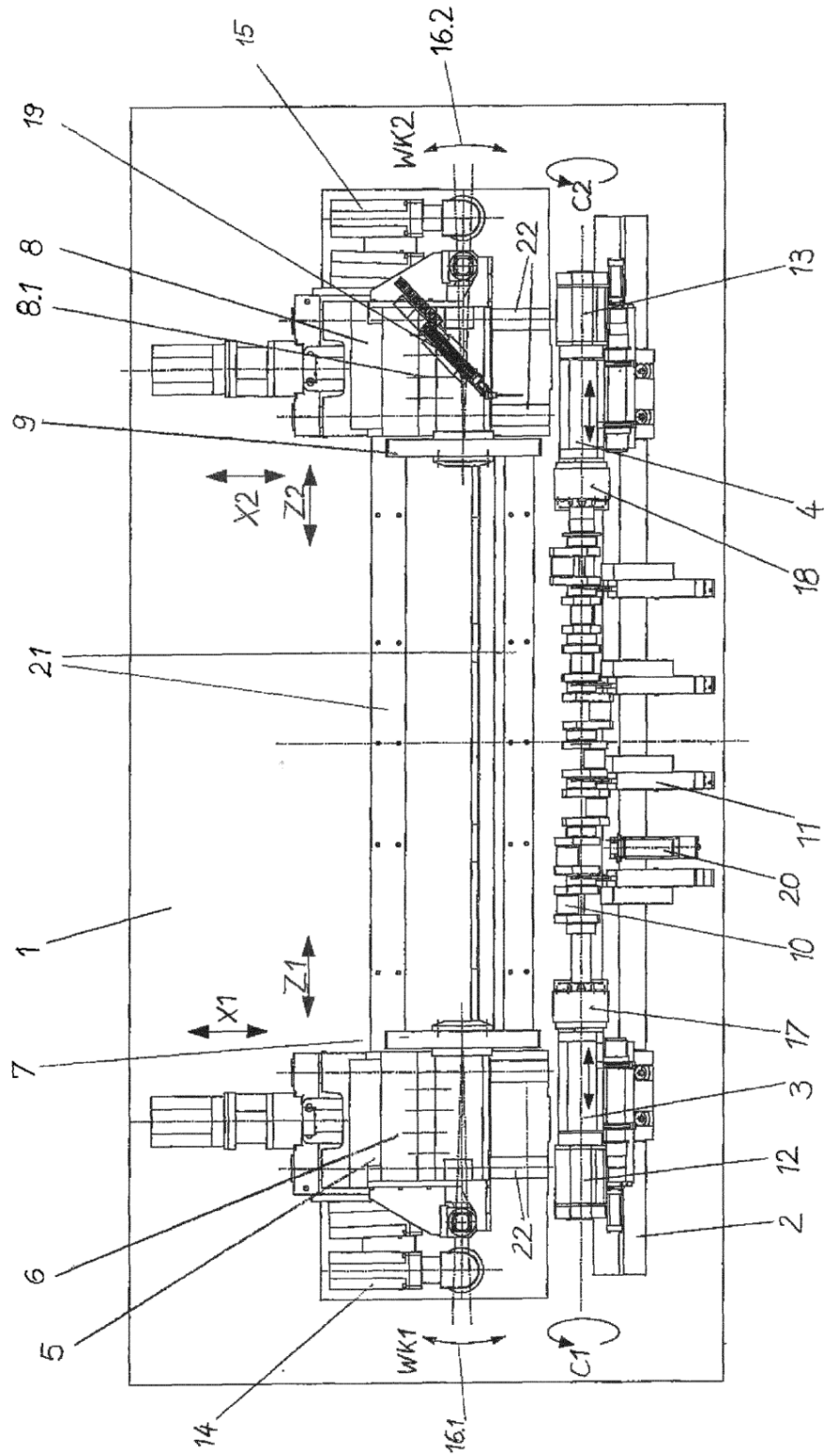


Fig. 2

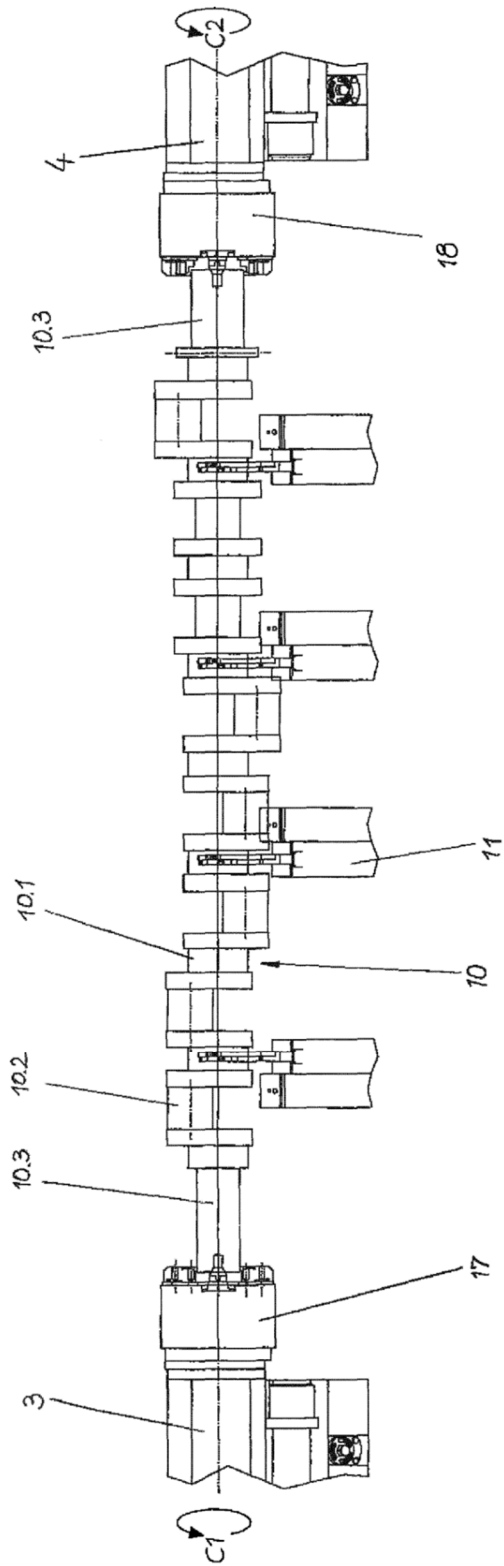


Fig. 3

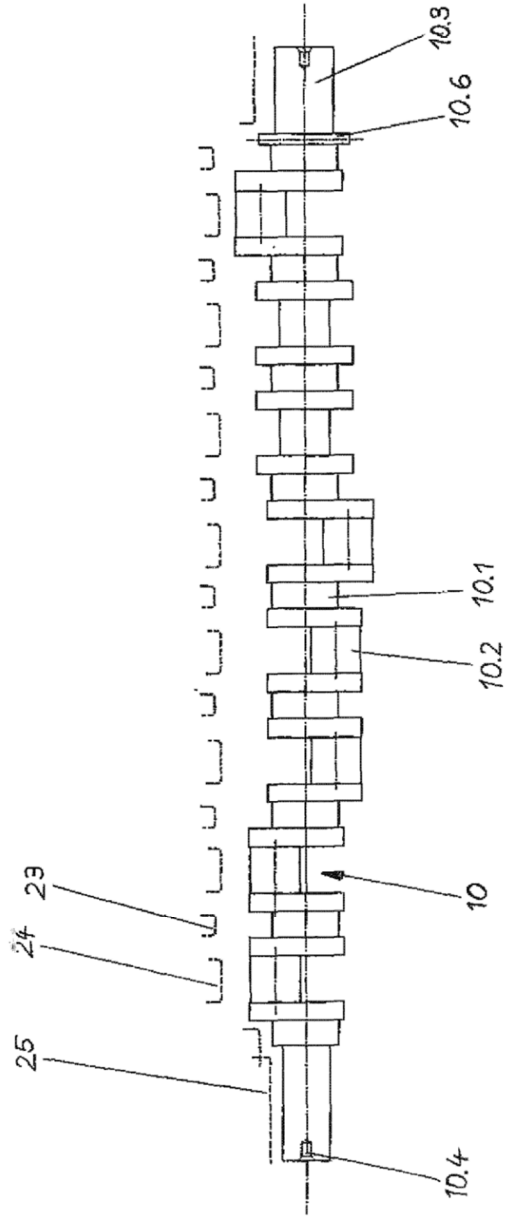
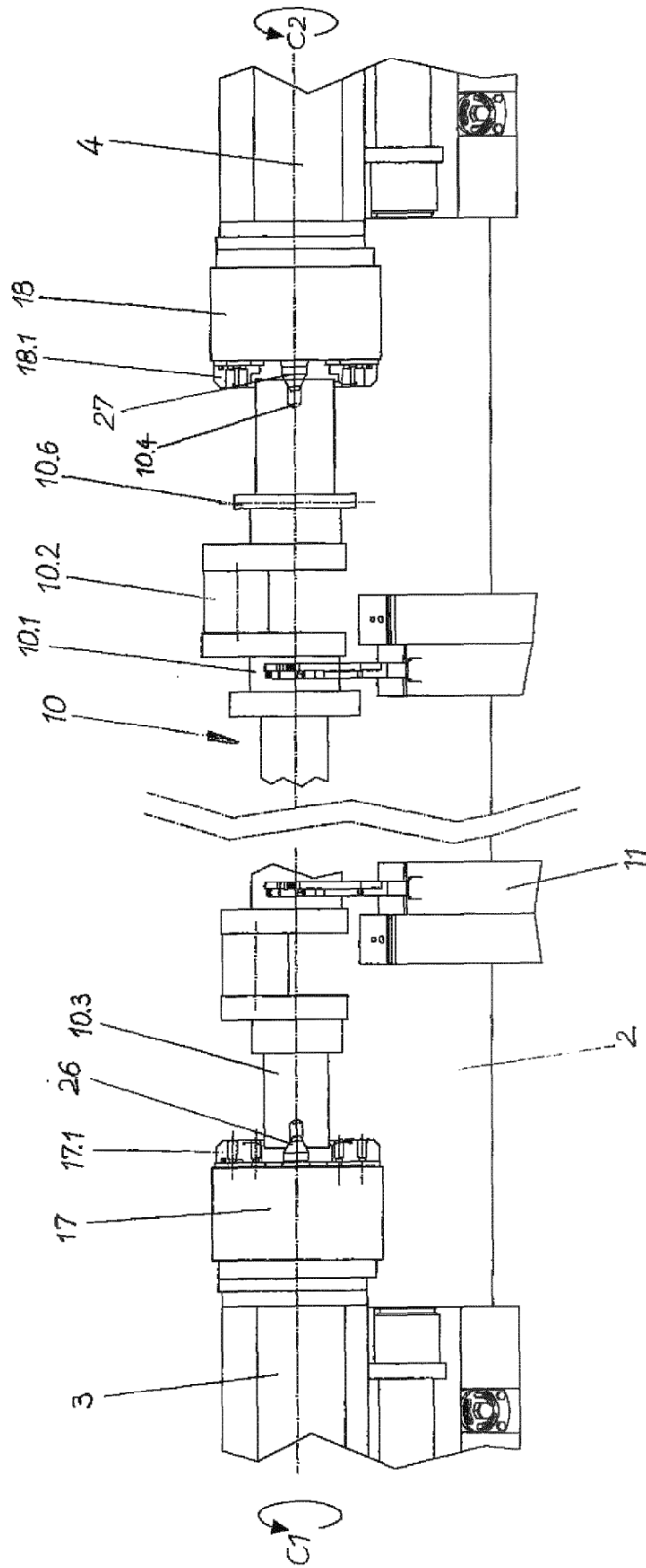


Fig. 4



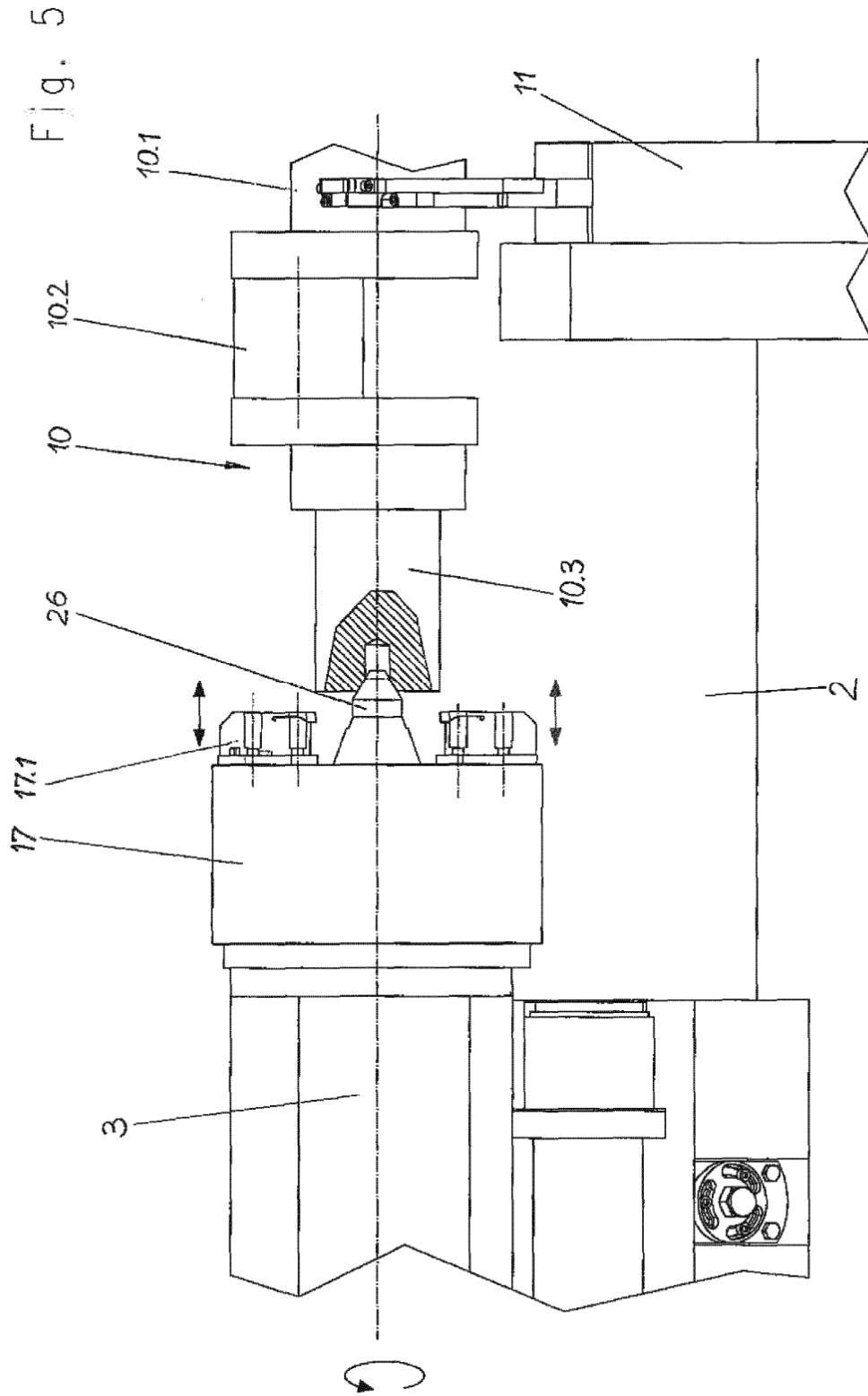
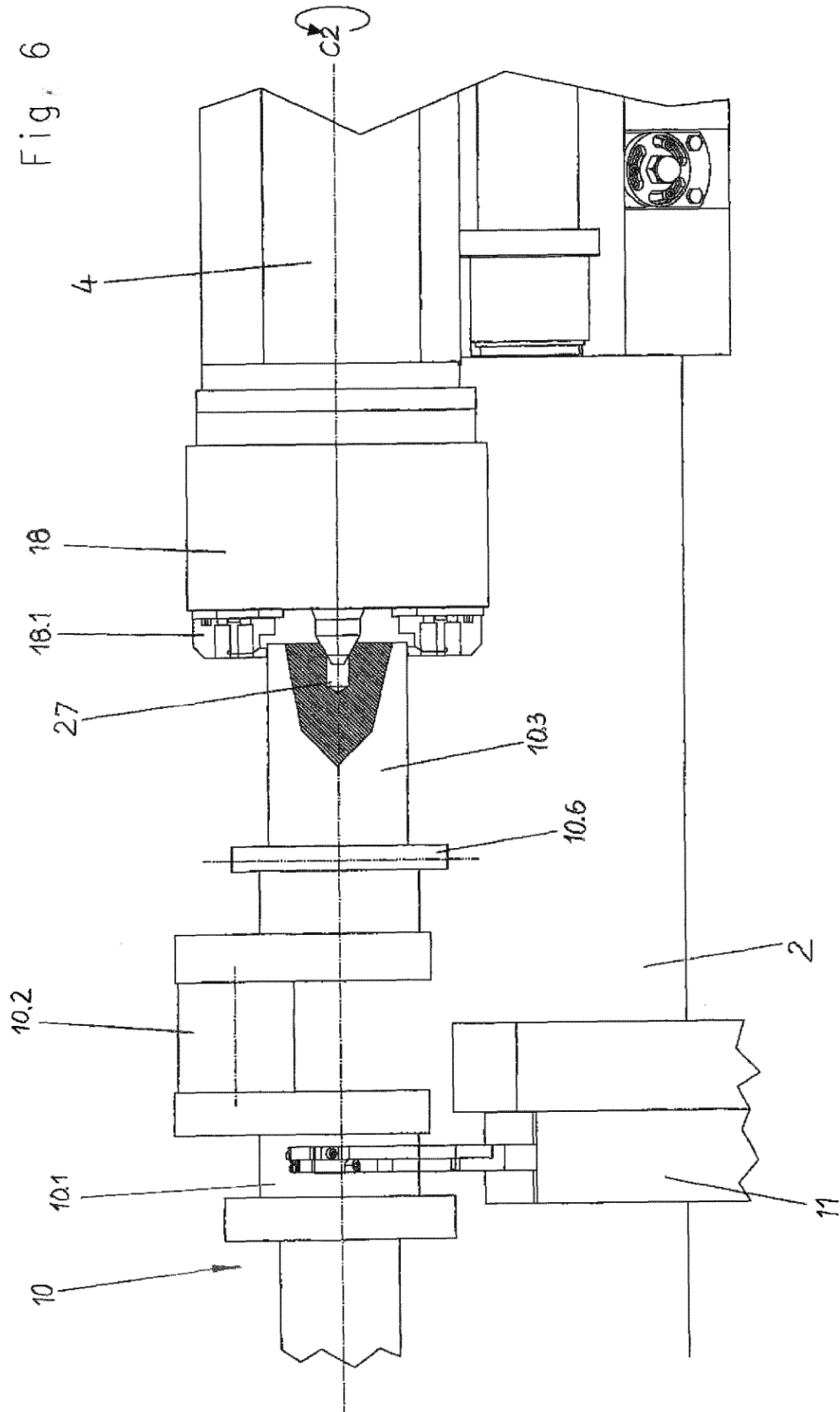
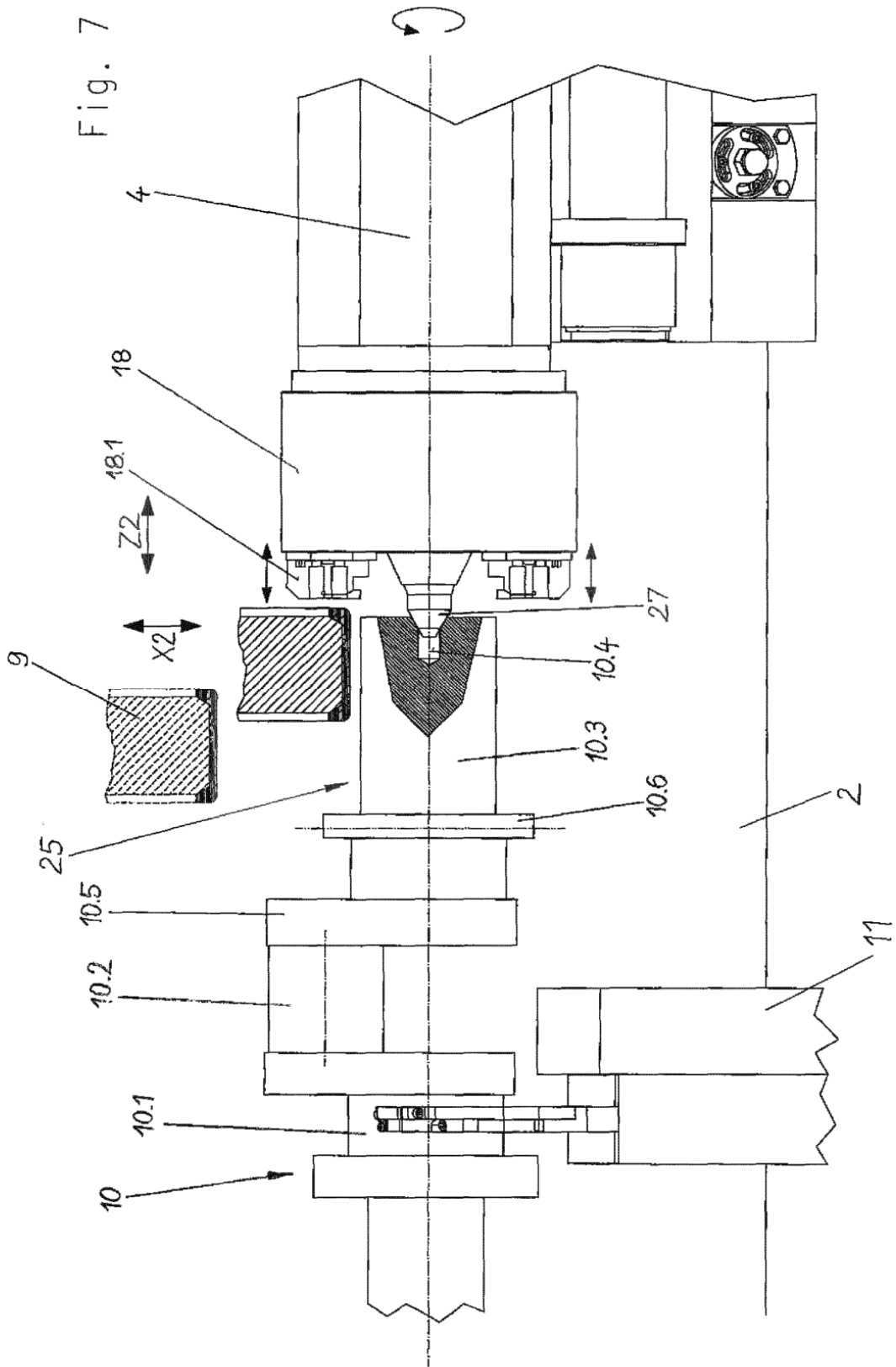
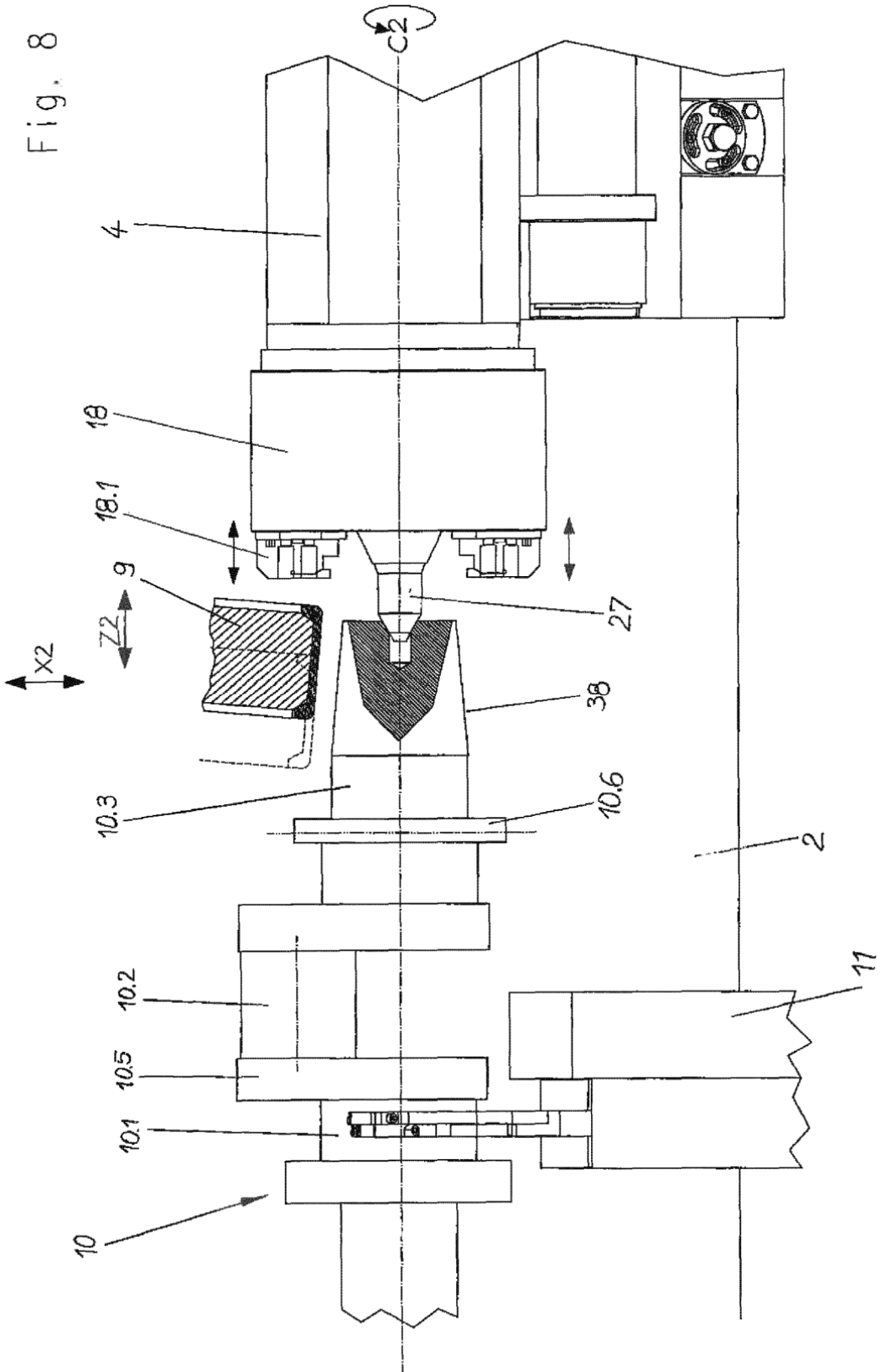


Fig. 6









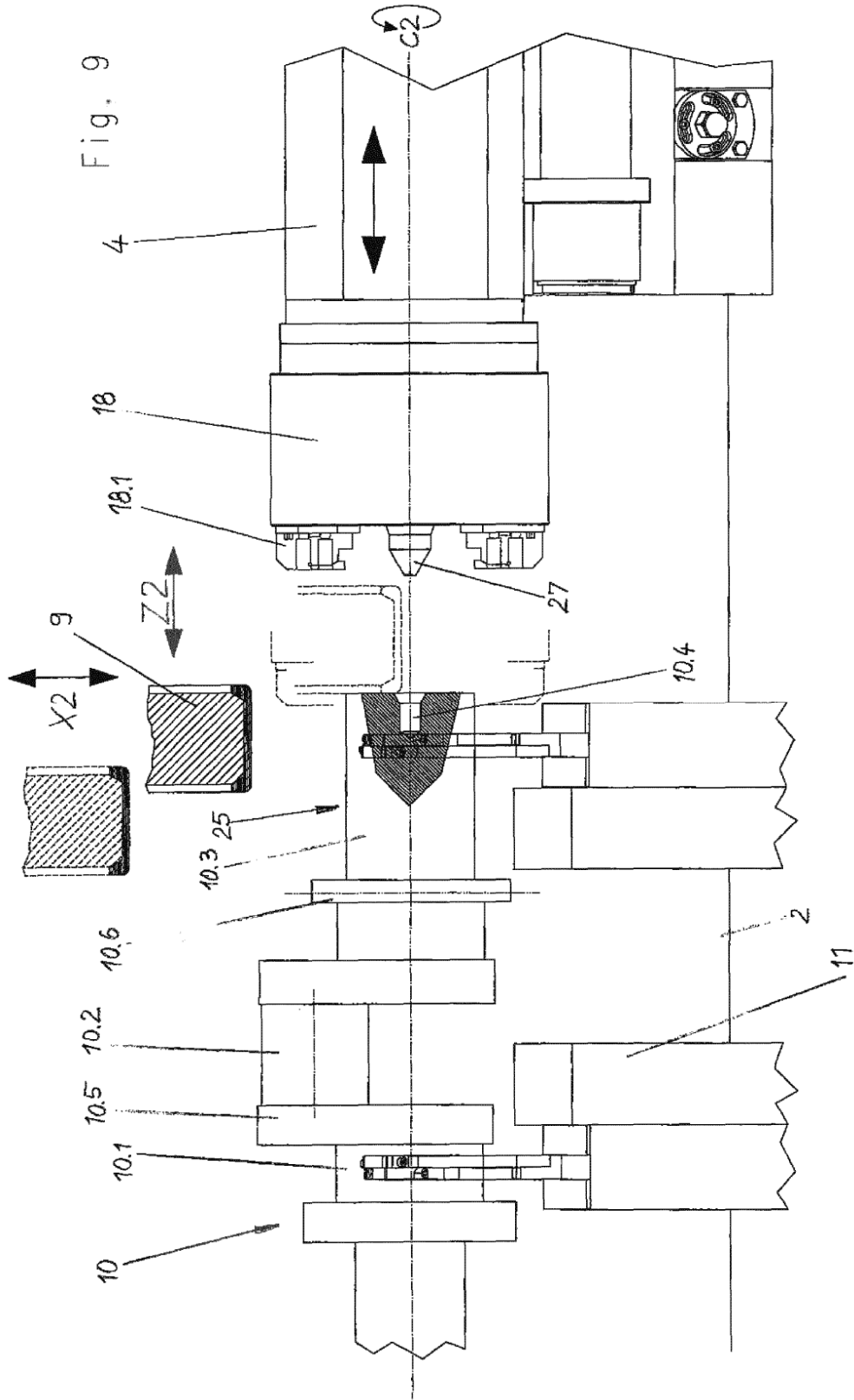


Fig. 10

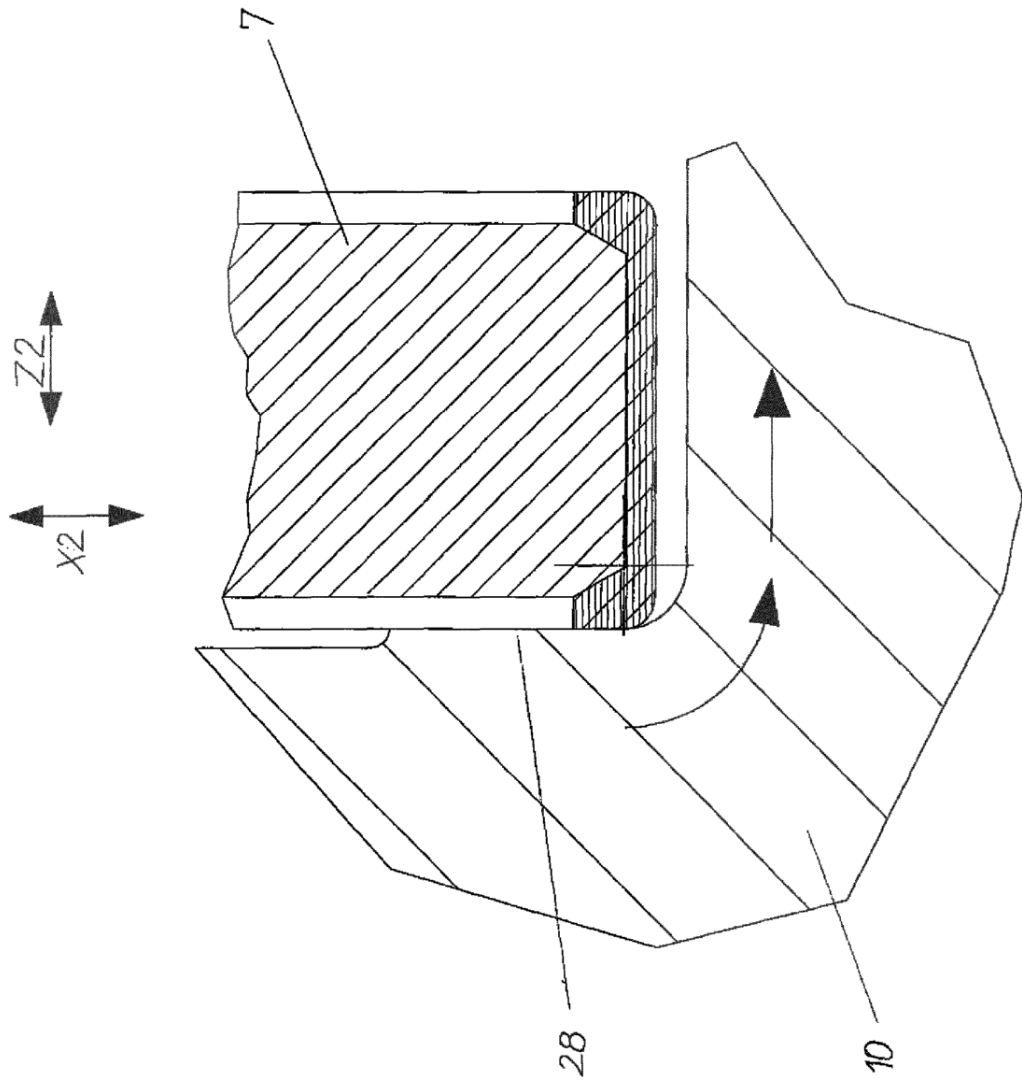


Fig. 11

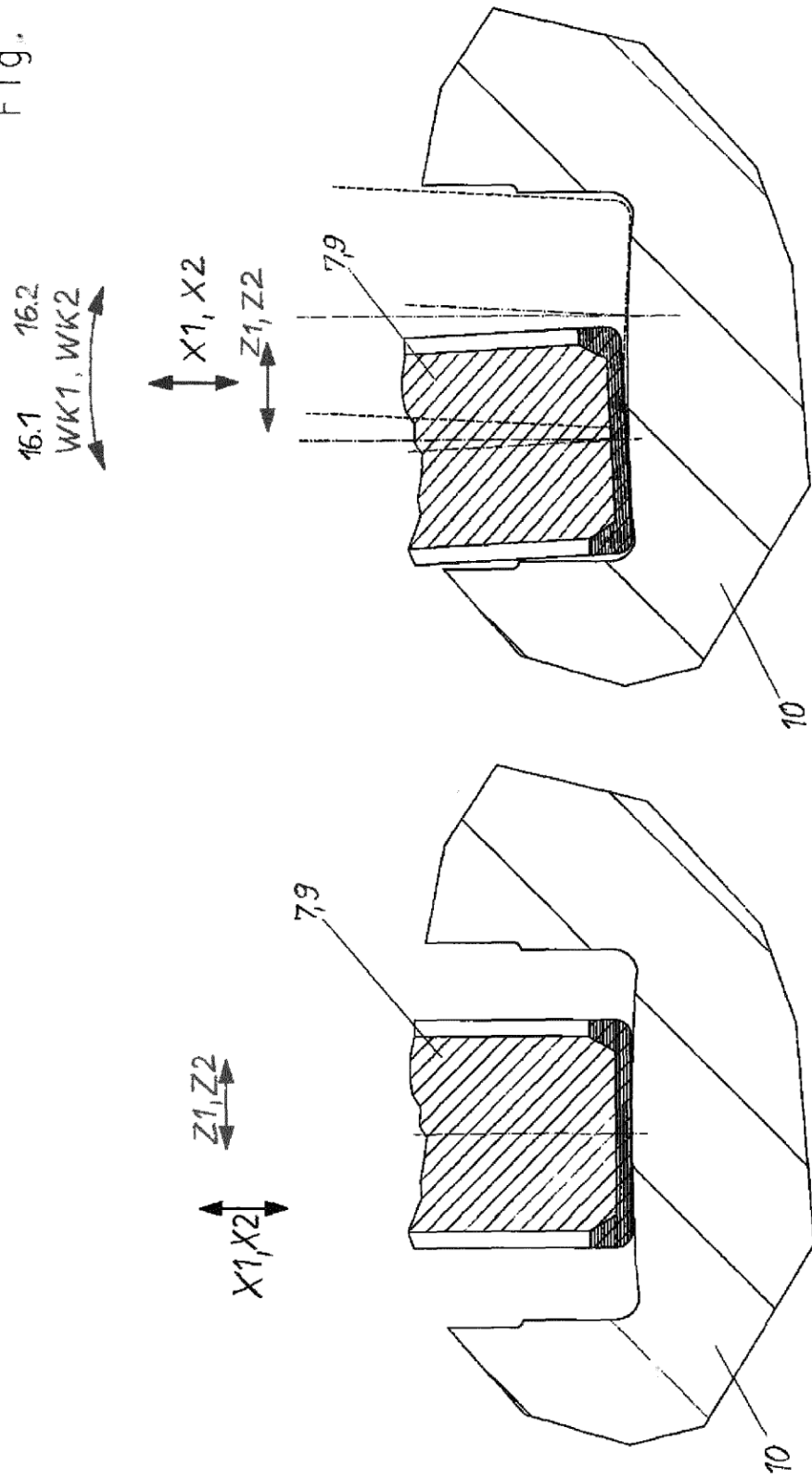


Fig. 12

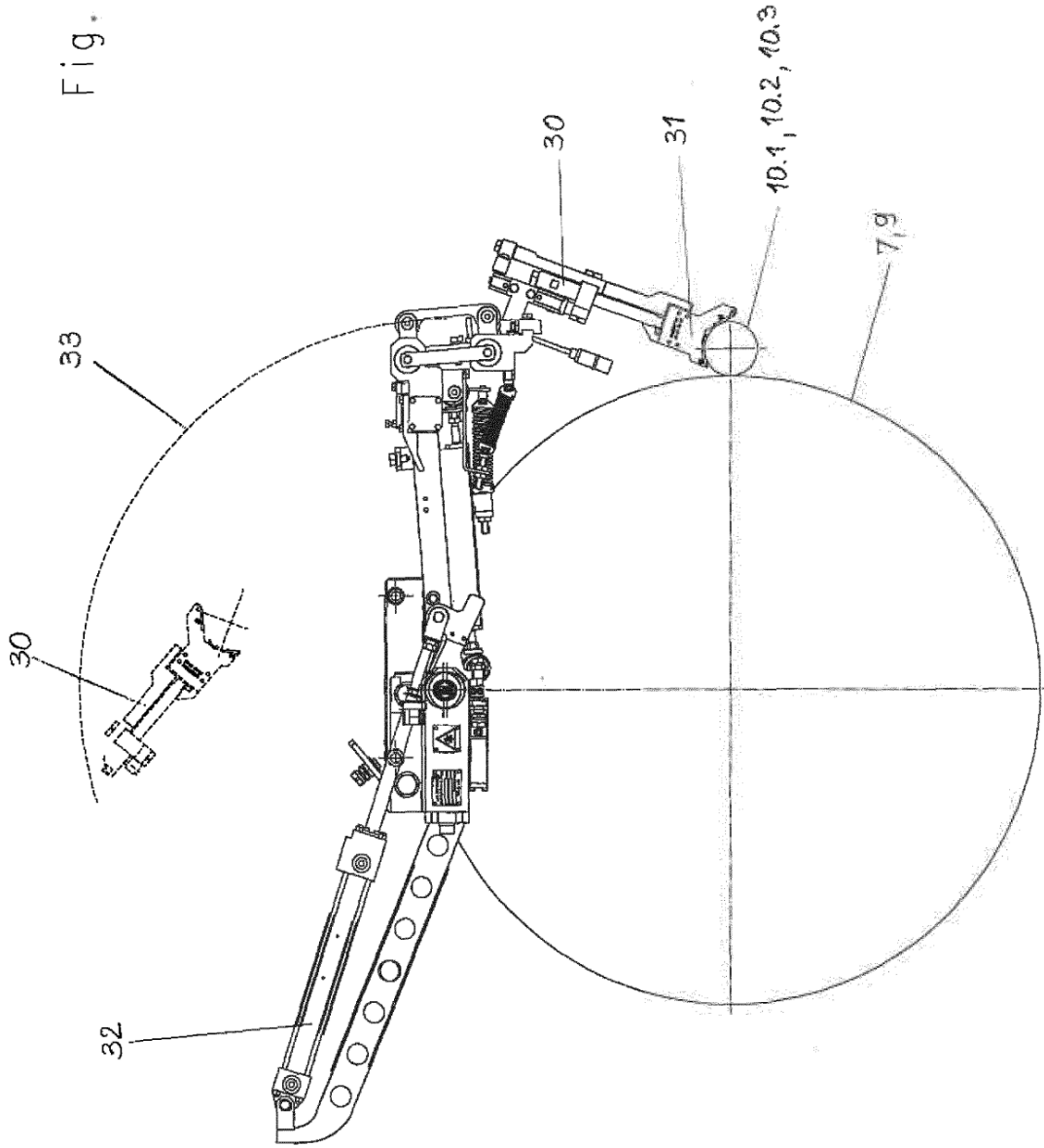


Fig. 13

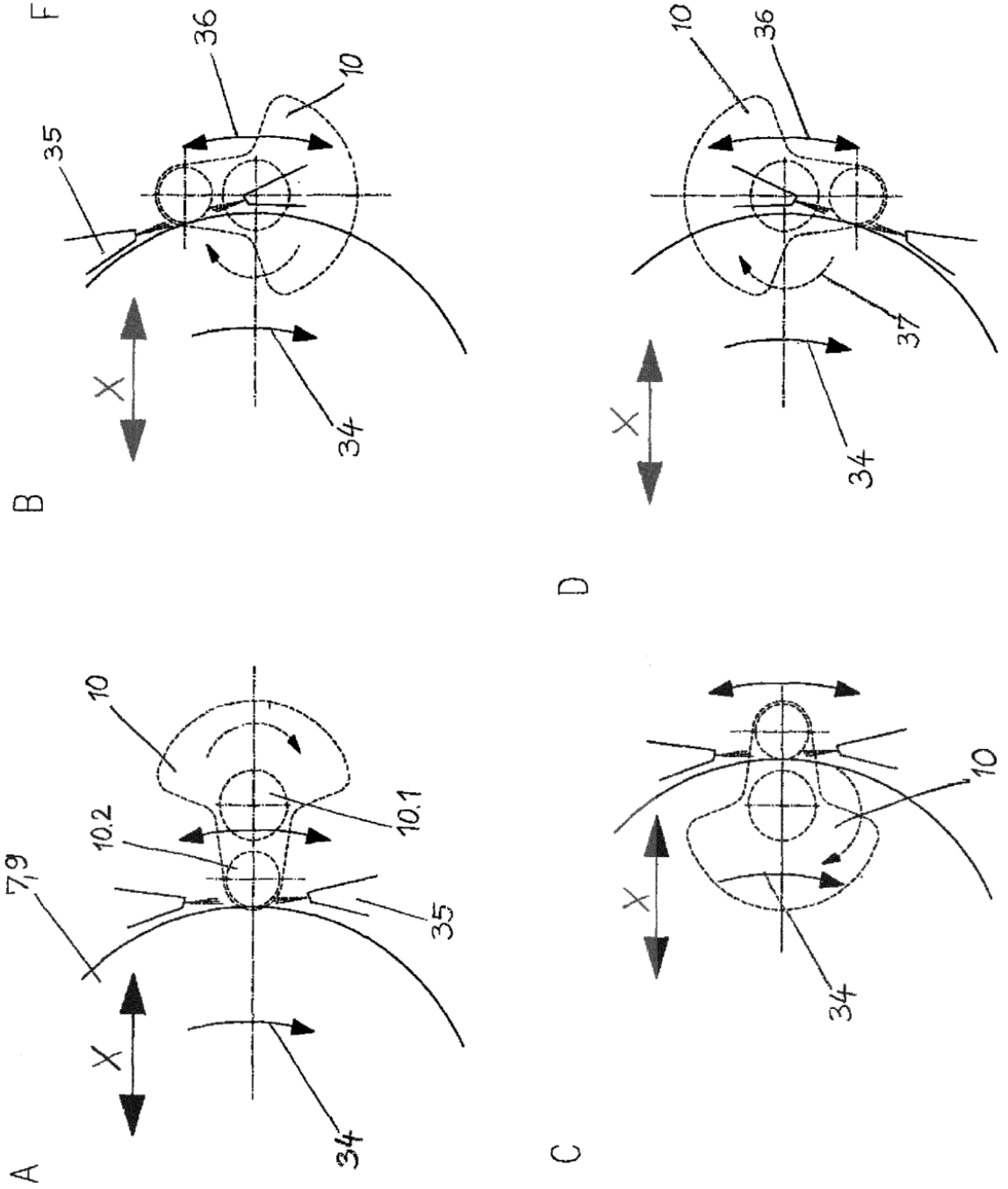


Fig. 14

