

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 409 385**

51 Int. Cl.:

**B24B 5/42** (2006.01)

**B24B 49/00** (2012.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.01.2009** **E 09705005 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.04.2013** **EP 2234757**

54 Título: **Procedimiento para el rectificad de los cojinetes principales y de elevación de un cigüeñal mediante rectificad de cilindrado exterior y dispositivo para la realización del procedimiento**

30 Prioridad:

**01.02.2008 DE 102008007175**

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

**26.06.2013**

73 Titular/es:

**ERWIN JUNKER MASCHINENFABRIK GMBH  
(100.0%)  
JUNKERSTRASSE 2  
77787 NORDRACH, DE**

72 Inventor/es:

**HIMMELSBACH, GEORG**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

**ES 2 409 385 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 el rectificado de los cojinetes principales y de elevación de un cigüeñal mediante rectificado de cilindrado exterior y dispositivo para la realización del procedimiento

5 La invención se refiere a un procedimiento para el rectificado de los cojinetes principales y de elevación de un cigüeñal mediante rectificado de cilindrado exterior, así como a un dispositivo para la realización del procedimiento.

10 Los cigüeñales compuestos de acero o materiales de fundición se fabrican en número de piezas elevado para los motores de combustión interna de vehículos. A este respecto, esto depende además de una producción a gran escala económica sobre todo de la exactitud mayor posible con respecto al diámetro, redondez, marcha concéntrica y centrado. En procedimientos de rectificado del tipo mencionado se plantean, por tanto, exigencias muy elevadas. De acuerdo con el documento EP 1181 132 B1 se había reconocido ya que el resultado de rectificado puede mejorarse rectificándose los cojinetes principales y de elevación de los cigüeñales en una sucesión muy determinada.

15 Durante el rectificado de los cigüeñales en primer lugar únicamente mecanizados con arranque de virutas se liberan concretamente tensiones que conducen a la deformación de la pieza en bruto del cigüeñal durante el rectificado. Son especialmente fuertes las deformaciones tras el rectificado de los cojinetes de elevación. De acuerdo con el documento EP 1 181 132 B1 se ha propuesto por tanto terminar de rectificar los cojinetes de elevación de la manera más precipitada posible. Por tanto se proporciona la orden de rectificar previamente en primer lugar los cojinetes principales, después rectificar previamente y terminar de rectificar los cojinetes de elevación y por último terminar de rectificar los cojinetes principales. El procedimiento conocido tiene la ventaja de que las deformaciones del cigüeñal que resultan del rectificado de los cojinetes de elevación pueden eliminarse de nuevo en parte con la terminación del rectificado de los cojinetes principales. Además, el procedimiento conocido puede realizarse en una única fijación del cigüeñal. En este procedimiento conocido se comenzó con el rectificado previo de los cojinetes principales, para que el cigüeñal estuviera fijado para el rectificado de los cojinetes de elevación en un eje de giro definido de manera exacta, concretamente su eje longitudinal geométrico determinante. Este eje longitudinal geométrico determinante debe estar a disposición como eje de referencia para el mecanizado de los cojinetes de elevación. En un cigüeñal terminado de rectificar deben estar alineados todos los cojinetes principales así como otras zonas dispuestas concéntricamente con respecto a los cojinetes principales del cigüeñal con respecto al diámetro, redondez, marcha concéntrica y centrado de manera exacta al eje longitudinal geométrico determinante del cigüeñal. Lo mismo se aplica para la línea central de los gorriones del cigüeñal que de nuevo es el eje longitudinal geométrico determinante para los cojinetes de elevación.

20 Para ello está establecido el eje longitudinal geométrico determinante por medio de perforaciones de centraje en los lados frontales del cigüeñal. El cigüeñal se fija entre puntas en sus perforaciones de centraje y se acciona para el giro mediante un dispositivo de arrastre. Este tipo de fijación tiene la desventaja de que debe ejercerse una cierta presión axial sobre el cigüeñal, de manera que existe el riesgo de deformaciones adicionales, ya que el cigüeñal se deforma con la acción de una presión axial. Por tanto es necesaria también la colocación de una o varias lunetas.

25 También se han hecho ya intentos de ejercer una tracción axial durante la fijación del cigüeñal sobre éste. Sin embargo sigue existiendo la desventaja de que pueden producirse deformaciones adicionales ya en la primera etapa del procedimiento de acuerdo con el documento EP 1 181 132 B1. Debido a ello, un resultado de rectificado óptimo se dificulta de nuevo; además debido a ello se complica de nuevo el procedimiento conocido.

30 Por tanto, la invención se basa en el objetivo de mejorar el procedimiento conocido para el rectificado de los cojinetes principales y de elevación de cigüeñales de manera que en modo de proceder todavía económico se mejore más la precisión del resultado de rectificado.

35 La solución de este objetivo se realiza con un procedimiento con el conjunto de las características de la reivindicación 1.

40 El procedimiento de acuerdo con la invención para el rectificado de los cojinetes principales y de elevación tiene la ventaja de que ya en la primera etapa de procedimiento se rectifican todos los cojinetes de elevación del cigüeñal mediante rectificado de cilindrado exterior controlado por CNC hasta la dimensión final. La deformación del cigüeñal más fuerte según muestra la experiencia, que procede de la liberación de tensiones, tiene lugar por consiguiente igualmente al inicio del rectificado. Las tensiones en el cigüeñal se han reducido después completamente, y ya no se efectúa ninguna otra deformación notable. Después de esto se comienza con el rectificado de los cojinetes principales, existiendo aún la posibilidad mayor de corrección. Durante el rectificado de los propios cojinetes principales resultan deformaciones ampliamente más pequeñas que durante el rectificado de los cojinetes de elevación.

45 La invención consigue este resultado de manera sorprendente debido a que se prescinde de girar el cigüeñal durante el rectificado de los cojinetes de elevación ya alrededor del eje longitudinal geométrico determinante. En efecto, este eje longitudinal se conoce y está establecido por perforaciones de centraje que se encuentran en los

lados frontales del cigüeñal. Sin embargo, el cigüeñal se fija en dos puntos de apoyo no rectificadas que se encuentran distanciados entre sí en la extensión longitudinal común de los cojinetes principales. La fijación da buen resultado por ejemplo mediante platos de sujeción de cubierta que comprenden los dos puntos de apoyo no rectificadas, en cualquier caso sin ejercer una presión axial sobre el cigüeñal. Estos dos puntos de apoyo definen un

5 eje de giro real, cuya desviación del eje longitudinal geométrico determinante del cigüeñal se conoce mediante medición. La desviación conocida se considera durante el rectificado de los cojinetes de elevación como función correctora en el ordenador del control CNC de la rectificadora. Los cojinetes de elevación terminados de rectificar tienen entonces una relación exacta con los cojinetes principales del cigüeñal que se rectificarían estrictamente según el eje longitudinal geométrico determinante del cigüeñal.

10 A continuación de la terminación del rectificado de los cojinetes de elevación se cambia la fijación del cigüeñal y se realiza una segunda fijación, en la que el cigüeñal se fija en sus extremos axiales y se acciona para el giro alrededor de su eje longitudinal geométrico determinante; en esta segunda fijación se rectifican todos los cojinetes principales mediante rectificado de cilindrado exterior hasta la dimensión final.

15 En el procedimiento de acuerdo con la invención se prescinde, por consiguiente, de realizar el rectificado en una única fijación. Esta desventaja se compensa con mucho, sin embargo, mediante una precisión superior en el resultado de rectificado con respecto al diámetro, la redondez, la marcha concéntrica y el centrado. Ciertos ensayos comparativos de la parte solicitante han dado como resultado que una tolerancia de marcha concéntrica en los cojinetes principales centrales de cigüeñales habituales, que hasta ahora se ha situado en 0,05 mm, pudo mejorarse mediante el procedimiento de acuerdo con la invención en aproximadamente 0,03 mm.

20 En las reivindicaciones 2 a 13 están indicadas configuraciones ventajosas del procedimiento de acuerdo con la invención.

25 Ventajosamente, de acuerdo con la reivindicación 2, se desbastan las piezas en bruto del cigüeñal mediante mecanizado con arranque de virutas, después se miden los puntos de apoyo previstos para la primera fijación con respecto al diámetro, la redondez y el centrado y de la desviación de los valores medidos del eje longitudinal geométrico determinante se forma una función correctora para el procedimiento de rectificado de carrera oscilante de los cojinetes de elevación.

30 Para la realización práctica del procedimiento es ventajoso de acuerdo con la reivindicación 3 cuando se colocan para la determinación de la posición del eje longitudinal geométrico en los lados frontales del cigüeñal perforaciones de centraje en las que puede fijarse el cigüeñal de manera centrada en una rectificadora.

35 Es ventajoso además cuando de acuerdo con la reivindicación 4 se establece una línea recta que discurre radialmente que parte del eje longitudinal geométrico determinante como línea de referencia para la posición angular de los valores medidos y para ello se mide una perforación de referencia en un lado frontal del cigüeñal.

40 Como puntos de apoyo para la fijación del cigüeñal durante el rectificado de los cojinetes de elevación se tienen en cuenta los dos cojinetes principales exteriores u otras secciones cilíndricas en el lado de extremo que se encuentran en la misma extensión longitudinal común que los cojinetes principales.

45 En la primera fijación, los dos puntos de apoyo del cigüeñal que se tienen en cuenta se colocan ventajosamente en platos de sujeción de cubierta de una rectificadora y el cigüeñal se acciona para el giro debido a ello en sus dos extremos. Según esto, los accionamientos en los dos extremos del cigüeñal (habitualmente cabezal fijo portapieza y cabezal móvil) están accionados de manera exactamente sincronizada mediante el control mecánico.

50 El rectificado de los cojinetes de elevación en el procedimiento de rectificado de carrera oscilante puede realizarse con una única muela de rectificado que sirve desde el rectificado previo hasta la terminación del rectificado y se usa sucesivamente en los distintos cojinetes de elevación. Sin embargo, es especialmente económico un procedimiento de rectificado de carrera oscilante, en el que se usan múltiples muelas de rectificado simultáneamente. Por ejemplo en motores de cuatro cilindros, respectivamente dos cojinetes de elevación tienen la misma posición de fase con respecto al eje longitudinal geométrico determinante. Por tanto pueden rectificarse respectivamente dos cojinetes de elevación simultáneamente y con el mismo movimiento de aproximación radial hacia el cigüeñal. Según esto se

60 También el rectificado de los cojinetes principales puede realizarse de manera controlada por CNC de acuerdo con otra configuración ventajosa.

65 El rectificado de los cojinetes principales se realiza en la segunda fijación del cigüeñal, en la que éste se fija ventajosamente entre puntas de centraje y se acciona para el giro al menos en su extremo en el lado del cabezal fijo portapieza mediante dispositivos de arrastre y accionamiento. Los dispositivos de arrastre y accionamiento están

constituidos a este respecto ventajosamente por platos de sujeción de compensación, cuyas mordazas de sujeción se colocan automáticamente en el punto de fijación todavía no rectificado y a este respecto compensan irregularidades y variaciones de la dimensión. Los platos de sujeción de compensación de este tipo se basan en la acción de un medio a presión neumático o hidráulico y se conocen. Mediante la interacción de las puntas de centraje con las perforaciones de centraje que se encuentran en el cigüeñal se garantiza entonces en cualquier caso que en la segunda fijación el cigüeñal gire de manera exacta alrededor de su eje longitudinal geométrico determinante.

La fijación del cigüeñal entre las puntas de centraje no tiene efectos negativos sobre el resultado de rectificado cuando se rectifican los cojinetes principales después de los cojinetes de elevación. Ya que las deformaciones del cigüeñal que proceden de la liberación de tensiones ya han concluido ahora. En tanto que éstas afecten a la precisión de los cojinetes principales, éstas imprecisiones se eliminan de nuevo mediante la terminación del rectificado de los cojinetes principales. Por tanto es esencial para el procedimiento de acuerdo con la invención que el cigüeñal esté fijado en la primera etapa de procedimiento en dos puntos de apoyo no rectificadas que se encuentran distanciados entre sí en la extensión longitudinal común de los cojinetes principales sin que se realice una fijación mediante puntas de centraje. Por ejemplo, mediante platos de sujeción de cubierta ha dado buen resultado a este respecto una fijación rígida del cigüeñal sin que deba ejercerse una presión axial sobre éste. Por consiguiente, para el procedimiento de acuerdo con la invención es esencial que en las dos etapas de procedimiento deba realizarse respectivamente la fijación distinta indicada.

El rectificado cilíndrico de los cojinetes principales en la segunda fijación se realiza de manera especialmente económica con un conjunto de muelas de rectificado múltiples, cuyas muelas de rectificado se encuentran en un eje accionado común y tienen el mismo diámetro. Sin embargo es también posible realizar la segunda etapa de mecanizado con una única muela de rectificado que se aproxima sucesivamente a los cojinetes principales individuales.

Cuando lo requiera la configuración del cigüeñal, puede realizarse en la segunda etapa de procedimiento un apoyo por medio de una o varias lunetas.

La invención se ocupa también de dispositivos para la realización del procedimiento de acuerdo con la invención. Básicamente, el procedimiento de acuerdo con la invención no está sujeto a que deba realizarse en un determinado dispositivo. Por ejemplo pueden medirse las piezas en bruto del cigüeñal suministradas, únicamente mecanizadas con arranque de virutas en una estación de medición y después se llevan a una primera rectificadora mediante transporte interno, en la que se efectúa el rectificado de carrera oscilante de los cojinetes de elevación. De nuevo puede encontrarse en otro punto otra rectificadora en la que el cigüeñal terminado de rectificar únicamente en los cojinetes de elevación se rectifica ahora en los cojinetes principales.

Será más ventajoso en la mayor parte de los casos una colocación conjunta de la estación de medición y la primera y segunda estación de rectificado. Un dispositivo para la realización del procedimiento de acuerdo con la invención está indicado en la reivindicación 14. Una célula de rectificado común con una primera y segunda estación de rectificado posibilita de manera económica la agrupación de dispositivos de accionamiento, control así como refrigeración y transporte que deben estar presentes en las dos estaciones de rectificado necesarias. También es ventajosa en este caso la intercalación directa de la estación de medición.

Debe destacarse aún que con los dos procedimientos de rectificado previstos de acuerdo con la invención está finalizado el rectificado cilíndrico del cigüeñal al menos en los diámetros de cojinetes principales y de elevación y ya no debe realizarse ningún otro mecanizado de rectificado. Pueden usarse muelas de rectificado habituales a base de corindón y CBN.

La invención se explica aún en más detalle a continuación por medio de un ejemplo de realización representados en los dibujos. Las figuras muestran lo siguiente:

la figura 1 es la vista lateral de un cigüeñal y sirve para la explicación de las mediciones que son necesarias antes del rectificado del cigüeñal.

La figura 2 es una vista frontal que forma parte de la figura 1.

La figura 3 muestra en la representación desde arriba como ejemplo un dispositivo para la realización del procedimiento de acuerdo con la invención.

La figura 4 muestra en un corte longitudinal parcial un detalle con respecto al dispositivo de acuerdo con la figura 3 durante el rectificado de los cojinetes de elevación.

La figura 5 es una vista frontal sobre un plato de sujeción de cubierta de la representación de acuerdo con la figura 4.

La figura 6 muestra el corte longitudinal correspondiente a la figura 5 a través de un plato de sujeción de cubierta.

La figura 7 es una representación de las proporciones en el rectificado posterior de los cojinetes principales.

5 La figura 8 ilustra detalles del plato de compensación necesario en el procedimiento de rectificado de acuerdo con la figura 7.

10 En la figura 1 está representado en una vista lateral un cigüeñal 1. Éste presenta como habitualmente partes laterales 2, cojinetes principales interiores 3 y cojinetes principales exteriores 4 así como cojinetes de elevación 5. En un extremo del cigüeñal 1 se encuentra una brida 6 y en el otro extremo un gorrón 7. El cigüeñal 1 presenta un eje longitudinal geométrico determinante 10 que forma la línea central teórica del cigüeñal 1. En este eje longitudinal geométrico determinante 10 se encuentran también las perforaciones de centraje 8 y 9 que están presentes cuando se comienza con la medición de la pieza en bruto del cigüeñal.

15 En este momento el cigüeñal 1 fundido o forjado compuesto de acero o materiales de fundición está recién mecanizado con arranque de virutas, o sea está mecanizado sobre todo mediante giro, perforación o fresado trocoidal. A este respecto se encuentran los puntos de apoyo que deben servir para la primera fijación durante el rectificado la mayoría de las veces no de manera precisa en el eje longitudinal geométrico determinante 10 que está establecido mediante las perforaciones de centraje 8 y 9. En el presente ejemplo está prevista una fijación en los cojinetes principales exteriores 4. Por tanto a estos se recurren como puntos de medición 11, 12, en los que se miden el diámetro, la redondez y el centrado. Los valores de medición se registran y se almacenan dependiendo del ángulo periférico en cada punto de medición 11, 12.

25 Cada cigüeñal 1 se mide individualmente. La medición y el almacenamiento se realizan en una estación de medición 13 que puede encontrarse directamente junto a una rectificadora, véase la figura 3. Entonces se transfieren los valores de medición directamente al ordenador de la rectificadora. Sin embargo también es posible realizar la medición de manera separada de la rectificadora. En este caso se añade al cigüeñal 1 con transporte interno un medio de almacenamiento que contiene el protocolo de medición.

30 Debido a estas mediciones se miden en los dos puntos de medición 11 y 12 los puntos centrales de los dos puntos de apoyo que se encuentran en planos transversales radiales, que se proporcionan por los dos cojinetes principales 4. La unión de los dos puntos centrales da como resultado el eje de giro del cigüeñal 1 en la primera fijación. En las perforaciones de centraje 8 y 9 está presente además en cada caso un cono 14, 15 para la colocación posterior de las puntas de centraje 52, 53 en la segunda fijación, véase la figura 7.

35 Para el procedimiento de rectificado debe conocerse la posición radial del punto central del eje longitudinal geométrico determinante 10 no solo en cada punto de fijación, o sea en el presente caso en los dos cojinetes principales exteriores 4, dependiendo del ángulo periférico, sino que debe determinarse también la posición de giro de partida del cigüeñal 1 que va a rectificarse, o sea la posición cero del ángulo periférico. Para ello se mide a continuación de la medición del cigüeñal 1, por ejemplo, una perforación de referencia 16 en la superficie frontal de la brida 6. Con ello puede suministrarse el cigüeñal 1 en una posición de giro previamente orientada a la rectificadora y puede fijarse. La disposición de la perforación de referencia 16 se deduce de la figura 2. La perforación de referencia 16 está presente adicionalmente a las perforaciones de fijación 18 que están presentes en la brida 6.

La figura 2 puede facilitar información de cómo se miden y se almacenan el diámetro, la redondez, la marcha concéntrica y el centrado puntualmente para distintos ángulos periféricos en los puntos de medición 11 y 12.

50 La figura 3 muestra la disposición a modo de ejemplo de un dispositivo para la realización del procedimiento de acuerdo con la invención. Dado que los detalles de las rectificadoras usadas en este caso son familiares para el experto, es suficiente en este punto un dibujo esquemático de visión en conjunto. En el dispositivo conjunto agregado a una instalación se encuentra la estación de medición 13 directamente junto a una célula de rectificado 21 que comprende una primera estación de rectificado 22 y una segunda estación de rectificado 23. Las dos estaciones de rectificado 22, 23 están dispuestas en una bancada de la máquina común 24. La bancada de la máquina comprende una mesa de máquina 25 (que puede disponerse también de manera desplazable en dirección al eje longitudinal común 32). En el eje longitudinal común 32 discurre también la dirección de eje 19 del cigüeñal cuando éste se encuentra en la estación de medición 13.

60 De la primera estación de rectificado 22 forman parte un cabezal fijo portapieza 26 y un cabezal móvil 27 que están los dos accionados sincrónicamente de manera electromotriz. Un cigüeñal 1 se fija entre el cabezal fijo portapieza 26 y el cabezal móvil 27. Además forma parte de la primera estación de rectificado 22 un carro cruzado 28 con un cabezal de husillo portamuera 29 sobre el que se encuentran dos husillos portamuera 30, 31.

65 De la segunda estación de rectificado 23 forman parte igualmente un cabezal fijo portapieza 36 y un cabezal móvil 37, entre los cuales se fija un cigüeñal 1 y se acciona para el giro. Un carro cruzado 38 que forma parte de la

segunda estación de rectificado 23 porta en un eje 39 accionado conjuntamente un conjunto de muelas de rectificado múltiples con muelas de rectificado 40 que durante el rectificado de los cojinetes principales 3, 4 se aproximan conjuntamente hacia los cojinetes principales 3, 4. Con 41 se designan los motores de accionamiento para el eje de aproximación de los carros cruzados 28, 38 y con 42 están designadas cubiertas que mantienen alejadas las virutas de rectificado de las guías de deslizamiento de las estaciones de rectificado 22, 23.

Los dispositivos de sujeción y accionamiento de los dos cabezales fijos portapieza 26, 36 y de los dos cabezales móviles 27, 37 se encuentran en el eje longitudinal común 32 ya mencionado. El eje longitudinal 32 es al mismo tiempo el eje de giro (eje C) de los cigüeñales 1 durante el rectificado.

Los dos carros cruzados 28, 38 pueden desplazarse en dirección al eje 34, o sea paralelamente al eje longitudinal común 32 y además puede desplazarse el cabezal de husillo portamuela perpendicularmente al mismo en dirección al eje 33 (eje X). En dirección al eje 33 se aproximan las muelas de rectificado 31, 40 durante el rectificado hacia los cigüeñales 1. Para mediciones funcionales durante el procedimiento de rectificado están previstos dispositivos de medición que no están representados en particular.

Para la realización del procedimiento de acuerdo con la invención es esencial que el cabezal fijo portapieza 26 y el cabezal móvil 27 de la primera estación de rectificado 22 estén dotados de platos de sujeción de cubierta 43. Cuando el cigüeñal recién mecanizado con arranque de virutas y medido se fija en platos de sujeción de cubierta 43, se hace rotar éste con el accionamiento del cabezal fijo portapieza 26 y del cabezal móvil 27 no alrededor de su eje longitudinal geométrico determinante, sino alrededor de un eje de giro 51 que está determinado mediante los dos cojinete principales exteriores 4, por los que se ha medido el cigüeñal 1. Los platos de sujeción de cubierta 43 se adaptan a los dos cojinetes principales exteriores determinantes 4. Esto se explica en más detalle por medio de las figuras 4 a 6.

La figura 4 muestra el cabezal fijo portapieza 26 y el cabezal móvil 27 de la primera estación de rectificado 22 con un cigüeñal 1 fijado, tal como se ha descrito ya por medio de las figuras 1 y 2. La figura 5 es una vista aumentada correspondientemente a la línea de corte A-A de la figura 4. Por consiguiente, la figura 5 muestra la vista frontal del cabezal fijo portapieza 26 con detalles del plato de sujeción de cubierta 43. La figura 6 es el corte longitudinal que forma parte de la figura 5 y por consiguiente es una representación parcial aumentada de la figura 4. Debido a la representación aumentada pudo representarse a este respecto el extremo en el lado de la brida del cigüeñal 4 con otros detalles distintos de los que se deducen de las figuras 1 y 4.

Las características esenciales del plato de sujeción de cubierta 43 son una cubierta de apoyo 44 y dos mordazas de sujeción giratorias 47. La cubierta de apoyo 44 y las mordazas de sujeción giratorias 47 están unidas en conjunto con una parte giratoria del cabezal fijo portapieza 26. La cubierta de apoyo 44 presenta dos salientes 45 sobre los cuales se apoya el cigüeñal 1 con su cojinete principal exterior 4. En el lado del plato de sujeción de cubierta 43 opuesto a la cubierta de apoyo 44 están previstas las dos mordazas de sujeción giratorias 47 que se colocan igualmente con salientes 47a contra el cojinete principal exterior 4 del cigüeñal 1. Con 50 está indicada la dirección de giro que se encuentra en el plano radial de las mordazas de sujeción giratorias 47. Únicamente para la comprensión más fácil del funcionamiento está representada en la figura 5 la mordaza de sujeción giratoria izquierda 47 en su posición levantada y la mordaza de sujeción giratoria derecha 47 en su posición de sujeción. En el estado sujetado existe, por consiguiente, una fijación de los cigüeñales 1 en cuatro zonas periféricas separadas de extensión periférica proporcionalmente pequeña, de modo que puede hablarse de una fijación de cuatro puntos.

De manera axialmente desplazada con respecto a la cubierta de apoyo 44 está previsto un pistón de elevación móvil 48 que simplifica la extracción del cigüeñal 1 de los platos de sujeción de cubierta 43. Un manguito 49 posibilita un tope longitudinal para la fijación exacta del cigüeñal 1 también en su dirección axial.

Dado que se adaptan los cuatro salientes 45 y 47a al perímetro del cojinete principal exterior 4, el cigüeñal 1 gira con el accionamiento giratorio del cabezal fijo portapieza 26 y del cabezal móvil 27 no alrededor de su eje longitudinal geométrico determinante 10, sino alrededor del eje de giro 51 del plato de sujeción de cubierta 43. A partir de la figura 5 se vuelve especialmente claro que el punto central que forma parte de un eje longitudinal geométrico determinante 10 que discurre de manera excéntrica durante la rotación del plato de sujeción de cubierta 43 describe una órbita alrededor del eje de giro 51 del plato de sujeción de cubierta 43.

La figura 6 permite distinguir que los salientes 45 de la cubierta de apoyo 44 son en dirección axial proporcionalmente estrechos y presentan en su borde superior que entra en contacto con el cojinete principal exterior 4 por ejemplo un contorno curvado 46. Esto se aplica también para la configuración del plato de sujeción de cubierta 43 en el lado del cabezal móvil 27, que en principio está configurado de manera concordante con el plato de sujeción de cubierta 43 en el cabezal fijo portapieza 26. También los salientes 47a en las mordazas de sujeción giratorias 47 están configurados de manera similar a los salientes 45 del plato de sujeción de cubierta 43.

Por consiguiente se fija todo el cigüeñal 1 en la primera estación de rectificado 22 en ocho puntos que tienen baja extensión periférica y son estrechos en dirección axial así como por ejemplo tienen contorno curvado 46. La disposición de estas ocho zonas de sujeción con una subdivisión en dos grupos que se encuentran distanciados

entre sí hace que el cigüeñal 1 pueda adoptar posiciones inclinadas más pequeñas con la rotación en la primera estación de rectificado, cuando la desviación del eje de giro 51 del eje longitudinal geométrico determinante 10 es distinta en los dos cojinetes principales exteriores 4. Una posición inclinada más sencilla puede realizarse entonces sin que se produzcan compresiones o tensiones en el cigüeñal 1. La fijación por medio de platos de sujeción de cubierta provoca una sujeción rígida y un accionamiento de giro seguro del cigüeñal, sin que se ejerza sobre éste una presión axial.

En la segunda estación de rectificado 23 de la célula de rectificado 21 es necesario otro tipo de fijación cuando deba realizarse el procedimiento de acuerdo con la invención. El cigüeñal 1 debe fijarse en la segunda estación de rectificado 23 entre puntas de centraje 52, 53, tal como se deduce esto de la figura 7. Ahora se usan la perforación de centraje 8 en la brida 6 y la perforación de centraje 9 en el gorrón 7. En el cabezal fijo portapieza 36 se encuentra la punta de centraje 52 y en el cabezal móvil 37 la punta de centraje 53.

El cigüeñal 1 fijado entre las puntas de centraje 52, 53 se acciona para el giro mediante un accionamiento con plato de sujeción de compensación. La figura 8 muestra un ejemplo de un accionamiento de giro de este tipo. Según esto están previstos entre partes de carcasa 54a a 54e del cabezal fijo portapieza 36 y eventualmente del cabezal móvil 37 émbolos de ajuste 55 que pueden moverse de manera axial libremente que actúan, por medio palancas angulares 56 colocadas de manera giratoria, sobre deslizaderas radiales 57 que pueden moverse radialmente. Las deslizaderas radiales 57 están atornilladas con mordazas de sujeción 58 que actúan sobre una superficie periférica del cigüeñal 1. La superficie periférica puede encontrarse por ejemplo en una brida 6 o un gorrón 7. En la segunda estación de rectificado 23 debe alojarse en primer lugar el cigüeñal 1 por las puntas de centraje 52, 53 del cabezal fijo portapieza 36 y del cabezal móvil 37. Después se acercan las mordazas de sujeción 58 a la superficie periférica disponible, en este caso al perímetro circular del gorrón 7. Para ello se accionan todos los émbolos de ajuste 55 por una fuente común con un medio a presión tal como por ejemplo aceite hidráulico o aire comprimido. Los émbolos de ajuste 55 si bien pueden moverse por sí mismos individualmente, sin embargo pueden compensarse entre sí por medio del medio a presión. Por consiguiente, cada mordaza de sujeción 58 se acerca al gorrón 7 tanto que se garantiza la presión de apriete necesaria.

El eje de rotación del cabezal fijo portapieza 36 y del cabezal móvil 37 es en la segunda estación de rectificado 23, por tanto, idéntico al eje longitudinal geométrico determinante 10 del cigüeñal 1, tal como está determinado mediante las perforaciones de centraje 8 y 9.

Ha de observarse aún que la representación del cigüeñal 1 y también la dirección espacial del cabezal fijo portapieza o cabezal móvil en las figuras 7 y 8 se desvían parcialmente de la representación en las figuras precedentes; sin embargo no se altera debido a ello la explicación del principio.

A continuación se describe cómo se desarrolla el procedimiento de acuerdo con la invención en la instalación descrita anteriormente.

La dirección de flujo 20 de los cigüeñales 1 está dibujada en la figura 3. La carga y descarga a la estación de medición 13 y a la célula de rectificado 21 se realiza con un caballete de carga. Los cigüeñales 1 se introducen por tanto desde fuera a la estación de medición 13 y tras el término del procedimiento de medición en primer lugar se transfieren a la primera estación de rectificado 22 en la que se terminan de rectificar los cojinetes de elevación 5. Entonces se realiza el transporte a la segunda estación de rectificado 23 en la que se terminan de rectificar los cojinetes principales 3, 4 del cigüeñal 1. A continuación se descargan los cigüeñales 1 terminados de rectificar con el mismo caballete de carga de nuevo hacia fuera de la célula de rectificado 21.

Cuando se suministra un cigüeñal 1 a la estación de medición 13, éste está únicamente mecanizado con arranque de virutas, estando mecanizados previamente los cojinetes principales y de elevación 3, 4, 5 y estando introducidas las perforaciones necesarias. Además están presentes también ya las perforaciones de centraje 8 y 9, que determinan e indican el eje longitudinal geométrico determinante 10 en el cigüeñal 1. Los cojinetes principales interiores y exteriores 3, 4 están aún defectuosos mediante la preparación en este estado del cigüeñal con respecto al diámetro, la redondez y el centrado.

En la primera estación de rectificado 22 se fija el cigüeñal 1 con zonas que se encuentran en la extensión longitudinal común de los cojinetes principales 3, 4 en los platos de sujeción de cubierta 43 del cabezal fijo portapieza 26 y del cabezal móvil 27. En el ejemplo de realización se realiza la fijación en los dos cojinetes principales exteriores 4. Mediante el accionamiento de giro se hace girar el cigüeñal 1 alrededor del eje de giro 51 que está definido por el contorno defectuoso de los dos cojinetes principales exteriores 4. Partiendo de esta rotación se rectifican previamente y se terminan de rectificar en la primera estación de rectificado 22 los cojinetes de elevación 5 del cigüeñal 1 en un procedimiento continuo. La desviación del eje de giro 51 real del eje longitudinal geométrico determinante 10 del cigüeñal 1 se considera en el ordenador de la primera estación de rectificado 22. El rectificado se realiza en el procedimiento de rectificado de carrera oscilante. Realizándose en cada movimiento de aproximación una corrección correspondientemente a la medición almacenada del cigüeñal 1, se realiza el rectificado de los cojinetes de elevación 5 en consecuencia no obstante en asignación rigurosa al eje longitudinal geométrico determinante 10 del cigüeñal 1. Los cojinetes de elevación 5 terminados de rectificar tienen entonces

una relación exacta con cojinetes principales 3, 4 del cigüeñal 1 que se rectifican rigurosamente tras el eje longitudinal geométrico determinante 10 del cigüeñal 1.

5 No es obligatorio que el cigüeñal 1 esté fijado en la primera estación de rectificado 22 en los cojinetes principales exteriores 4. Dependiendo de la forma estructural del cigüeñal puede recurrirse también a otros cojinetes principales 3 y del mismo modo a la brida 6 y el gorrón 7 para la medición y la fijación, ya que éstos están colocados céntricamente con respecto a los cojinetes principales 3, 4. Durante el rectificado de los cojinetes de elevación 5 en la primera estación de rectificado 22 no es necesario apoyar el cigüeñal 1 adicionalmente mediante lunetas.

10 En el presente ejemplo de realización está previsto el rectificado de un cigüeñal 1 con cuatro cojinetes de elevación 5. Con esta forma estructural, por regla general respectivamente dos cojinetes de elevación 5 tienen la misma posición de fase con respecto al eje longitudinal geométrico determinante 10 del cigüeñal 1. Por tanto se rectifican respectivamente dos cojinetes de elevación 5 conjuntamente; por regla general éstos son por parejas los cojinetes de elevación interiores 5 y los cojinetes de elevación exteriores 5; sin embargo pueden rectificarse también cojinetes de elevación desplazados en fase simultáneamente. Durante la transición del rectificado de los cojinetes de elevación interiores 5 a los cojinetes de elevación exteriores 5 deben separarse los dos husillos portamuela 30 del carro cruzado 29 y a la inversa.

20 La disposición mostrada en el ejemplo de realización de las muelas de rectificado 30 en la primera estación de rectificado 22 no es, sin embargo, obligatoria. Cuando lo requiera la forma estructural del cigüeñal 1, pueden terminarse de rectificar individual y sucesivamente los cojinetes de elevación 5 también con una muela de rectificado individual.

25 La medición de los cojinetes de elevación 5 se realiza durante el rectificado por medio de cabezas medidoras durante el procedimiento, midiéndose continuamente los diámetros de los cojinetes de elevación 5 que van a rectificarse durante el rectificado. La corrección de diámetros y redondez se recoge por medio de la cabeza medidora como valor de medición en el cojinete de elevación 5 que va a rectificarse y se compara mediante el control de máquina con el valor teórico. A continuación se realiza una corrección dimensional en dirección del eje 33 (eje X) en el movimiento de aproximación. También es posible realizar un movimiento de corrección del segundo husillo portamuela 30 dependiendo del movimiento de aproximación del primer husillo portamuela 30.

30 Además es importante que pueda verificarse la redondez del punto de apoyo generada en el cojinete de elevación 5 terminado de rectificar. Ésta puede medirse igualmente en la primera estación de rectificado 22; durante el rectificado de carrera oscilante se controla entonces una trayectoria correspondientemente corregida en dirección al eje 33, de manera que puede conseguirse un cojinete de elevación 5 óptimamente redondo.

40 Cuando todos los cojinetes de elevación 5 se han terminado de rectificar, se han reducido ampliamente las tensiones y la deformación mediante el procedimiento de rectificado y ya no se ve influenciada de manera decisiva la precisión de la marcha concéntrica de los cojinetes principales 3, 4. El cigüeñal 1 se transfiere entonces por medio del caballete de carga a la segunda estación de rectificado 23. Ahora se usan las perforaciones de centrado 8 y 9 en los extremos del cigüeñal 1, tal como se muestra esto en las figuras 7 y 8. Los cojinetes principales 4 están todavía sin rectificar. Las zonas del cigüeñal 1 que se encuentran en la extensión longitudinal común de los cojinetes principales 3, 4 se usan ahora para el accionamiento de giro. Las mordazas de sujeción 58 se aplican de manera ampliamente distinta en los diámetros de estas zonas del cigüeñal. La rotación se realiza, sin embargo, estrictamente alrededor del eje longitudinal geométrico determinante 10 que coincide con la dirección de eje de las dos puntas de centrado 52 y 53. El cigüeñal 1 se apoya en la segunda estación de rectificado 23 ventajosamente en al menos un cojinete principal 3 con una luneta de centrado. Pueden usarse también varias lunetas de centrado. Además se mide el diámetro en varios cojinetes principales 3, 4 de modo que el cigüeñal por medio de una denominada dimensión durante el procedimiento se rectifica en la dimensión teórica deseada. Por consiguiente, el

50 cigüeñal 1 se mecaniza en sus cojinetes principales 3, 4 hasta que se haya rectificado en la dimensión final.

55 En el ejemplo de realización seleccionado está previsto para el rectificado de los cojinetes principales un conjunto de muelas de rectificado múltiples con muelas de rectificado 40, de modo que pueden rectificarse varios cojinetes principales 3, 4 simultáneamente. Durante el rectificado de los cojinetes principales 3, 4 se aproxima el conjunto de muelas de rectificado múltiples en dirección del eje 33 (eje X) a los cojinetes principales 3, 4. Sin embargo, el conjunto de muelas de rectificado múltiples puede desplazarse en el carro cruzado 38 también en dirección del eje 34 (eje Z) paralelamente a la dirección del eje longitudinal común 25. Esta disposición posibilita el uso de muelas de rectificado que son más estrechas que los cojinetes principales 3, 4 que van a rectificarse. Además puede ponerse en marcha debido a ello también la rueda de reavivar de diamante para el reavivado de las muelas de rectificado.

60 También los cojinetes principales 3, 4 se rectifican previamente y se terminan de rectificar en un único procedimiento. Mediante el desplazamiento en dirección del eje 34 pueden rectificarse también de manera dirigida determinadas partes de los cojinetes principales 3, 4 en el lado plano.

65 El rectificado de los cojinetes de elevación 5 debe realizarse para el procedimiento de acuerdo con la invención en cada caso de manera controlada por CNC. Sin embargo también para el rectificado de los cojinetes de elevación 3, 4 es ventajoso un control CNC en cualquier caso.



El uso de un conjunto de muelas de rectificado múltiples durante el rectificado de los cojinetes principales 3, 4 no es igualmente obligatorio. Cuando lo requiera el tipo de cigüeñal o una rectificadora existente, pueden terminarse de rectificar los cojinetes principales igualmente de manera individual y sucesiva con una única muela de rectificado.

- 5 Cuando el cigüeñal 1 haya pasado por la segunda estación de rectificado 23, también los cojinetes principales 3, 4 presentan valores de marcha concéntrica mejores posibles, dado que ya no se realiza ningún otro mecanizado de rectificado en los cojinetes principales y de elevación 3, 4, 5. Por medio del caballete de carga se evacúa el cigüeñal entonces en la dirección de flujo 20 de la célula de rectificado 21.
- 10 La instalación mostrada en el ejemplo de realización con una combinación de estación de medición 13 y célula de rectificado 21 es una posibilidad especialmente económica de realizar el procedimiento de acuerdo con la invención en la producción a gran escala. Cuando las circunstancias lo requieran pueden realizarse la medición y los distintos procedimientos de rectificado, sin embargo, también en puntos separados y en dispositivos o rectificadoras separados.

15

Lista de números de referencia

	1	cigüeñal
	2	parte lateral
20	3	cojinete principal interior
	4	cojinete principal exterior
	5	cojinete de elevación
	6	brida
	7	gorrón
25	8	perforación de centraje (brida)
	9	perforación de centraje (gorrón)
	10	eje longitudinal geométrico determinante
	11	primer punto de medición
	12	segundo punto de medición
30	13	estación de medición
	14	punto de medición de cono (brida)
	15	punto de medición de cono (gorrón)
	16	perforación de referencia
	17	dirección visual
35	18	perforación de fijación
	19	dirección de eje
	20	dirección de flujo (dirección de transporte de los cigüeñales)
	21	célula de rectificado
	22	primera estación de rectificado
40	23	segunda estación de rectificado
	24	bancada de la máquina común
	25	mesa de máquina
	26	cabezal fijo portapieza
	27	cabezal móvil
45	28	carro cruzado
	29	cabezal de husillo portañuela
	30	husillo portañuela
	31	muela de rectificado
	32	eje longitudinal común
50	33	dirección de aproximación de las muelas de rectificado
	34	dirección
	36	cabezal fijo portapieza
	37	cabezal móvil
	38	carro cruzado
55	39	eje común
	40	muelas de rectificado
	41	motor de accionamiento
	42	cubierta
	43	plato de sujeción de cubierta
60	44	cubierta de apoyo
	45	saliente
	46	contorno curvado
	47	mordazas de sujeción giratorias
	47a	saliente
65	48	pistón de elevación
	49	manguito

## ES 2 409 385 T3

	50	dirección de giro
	51	eje, determinado por los dos cojinetes principales exteriores
	52	punta del cabezal fijo portapieza
	53	punta del cabezal móvil
5	54a a 54e	partes de carcasa
	55	émbolo de ajuste
	56	palanca angular
	57	deslizadera radial
	58	mordazas de sujeción
10		

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para el rectificado de los cojinetes principales y de elevación de un cigüeñal mediante rectificado de cilindrado exterior, con las siguientes etapas de procedimiento:

- 5
- a) en una primera fijación se fija el cigüeñal (1) en dos puntos de apoyo no rectificadas que se encuentran distanciados entre sí en la extensión longitudinal común de los cojinetes principales (3, 4);
  - b) el cigüeñal (1) se acciona para el giro alrededor de un eje de giro (51) que está definido por los dos puntos de apoyo y difiere del eje longitudinal (10) geométrico, que discurre por los cojinetes principales, determinante del cigüeñal (1);
  - 10 c) durante el giro alrededor del eje de giro (51) se rectifican todos los cojinetes de elevación (5) del cigüeñal (1) mediante rectificado de cilindrado exterior controlado por CNC en el procedimiento de rectificado de carrera oscilante hasta la dimensión final;
  - d) durante el procedimiento de rectificado de carrera oscilante se realiza la aproximación de las muelas de rectificado de acuerdo con el eje longitudinal geométrico determinante (10), cuya desviación del eje de giro (51) se considera como función correctora en el ordenador del control CNC;
  - 15 e) tras la terminación del rectificado de los cojinetes de elevación (5) se cambia la fijación del cigüeñal (1) y se realiza una segunda fijación en la que el cigüeñal (1) se fija en sus extremos axiales y se acciona para el giro alrededor de su eje longitudinal geométrico determinante (10);
  - 20 f) en la segunda fijación se rectifican todos los cojinetes principales (3, 4) mediante rectificado de cilindrado exterior hasta la dimensión final.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, con las siguientes otras etapas de procedimiento:

- 25
- a) la pieza en bruto del cigüeñal (1) se desbasta antes del rectificado mediante mecanizado con arranque de virutas;
  - b) en los puntos de apoyo desbastados previstos para la primera fijación se miden el diámetro, la redondez y centrado;
  - 30 c) de los valores medidos se determina la posición del eje longitudinal geométrico determinante (10) con respecto a los puntos de apoyo mencionados y se forma la función correctora para el procedimiento de rectificado de carrera oscilante.

3. Procedimiento según la reivindicación 1 y 2, en el que para la determinación de la posición del eje longitudinal geométrico (10) en los lados frontales del cigüeñal (1) se colocan perforaciones de centraje (8, 9) en las que puede fijarse el cigüeñal de manera centrada en una rectificadora.

35

4. Procedimiento según la reivindicación 3, en el que una línea recta que discurre radialmente que parte del eje longitudinal geométrico determinante (10) se establece como línea de referencia para la posición angular de los valores medidos y para ello se mide una perforación de referencia (16) en un lado frontal del cigüeñal (1).

40

5. Procedimiento según las reivindicaciones 1 a 4, en el que el cigüeñal (1) se fija en la primera fijación en sus dos cojinetes principales exteriores (4).

45

6. Procedimiento según las reivindicaciones 1 a 4, en el que el cigüeñal (1) se fija en la primera fijación en secciones cilíndricas en el lado de extremo, que se encuentran en la misma extensión longitudinal común que los cojinetes principales (3, 4).

50

7. Procedimiento según las reivindicaciones 1 a 6, en el que en la primera fijación los dos puntos de apoyo del cigüeñal (1) están colocados en platos de sujeción de cubierta (43) de la rectificadora y el cigüeñal (1) se acciona para el giro en sus dos extremos.

8. Procedimiento según las reivindicaciones 1 a 7, en el que el procedimiento de rectificado de carrera oscilante se realiza con varias muelas de rectificado (31) simultáneamente.

55

9. Procedimiento según las reivindicaciones 1 a 8, en el que se realiza también el rectificado de los cojinetes principales (3, 4) de manera controlada por CNC.

60

10. Procedimiento según las reivindicaciones 3 a 9, en el que el cigüeñal (1) se fija en la segunda fijación entre puntas de centraje (52, 53) y se acciona para el giro en su extremo en el lado de cabezal fijo portapieza mediante dispositivos de arrastre y accionamiento.

65

11. Procedimiento según la reivindicación 1 a 10, en el que se rectifican los cojinetes principales (3, 4) en la segunda fijación mediante un conjunto de muelas de rectificado múltiples, cuyas muelas de rectificado (40) se encuentran en un eje accionado común (39) y tienen el mismo diámetro.

12. Procedimiento según la reivindicación 1 a 10, en el que se rectifican los cojinetes principales (3, 4) en la segunda fijación mediante una única muela de rectificado que se aproxima sucesivamente a los cojinetes principales individuales (3, 4).

5 13. Procedimiento según la reivindicación 1 a 12, en el que en la segunda fijación durante el rectificado de los cojinetes principales (3, 4) en al menos uno de los cojinetes principales (3, 4) se aplica una luneta de centraje.

10 14. Dispositivo para la realización del procedimiento para el rectificado de los cojinetes principales y de elevación de un cigüeñal mediante rectificado de cilindrado exterior según las reivindicaciones 1 a 13, con las siguientes características:

a) una primera estación de rectificado (22) con un cabezal fijo portapieza (26) y un cabezal móvil (27), que están dotados los dos de platos de sujeción de cubierta (43);

15 b) un carro cruzado (28) dispuesto en la primera estación de rectificado (22) con al menos un husillo portamuela (30) que porta al menos una muela de rectificado (31) accionada para el giro y puede desplazarse en dos direcciones (33, 34) de manera controlada por CNC, siendo la primera dirección (33) la dirección de aproximación de la muela de rectificado (31) y discurriendo perpendicularmente al eje de giro (51) formado por el cabezal fijo portapieza (26) y el cabezal móvil (27), mientras que la segunda dirección (34) discurre paralelamente al eje de giro (51);

20 c) un control CNC de la primera estación de rectificado (22) que está configurado de manera que durante la aproximación de la muela de rectificado (31) al cojinete de elevación (5) de un cigüeñal (1), que está colocado en la extensión longitudinal de sus cojinetes principales (3,4) en los platos de sujeción de cubierta (43) y está accionado para el giro, se considera una desviación determinada computacionalmente entre el eje de giro (51) real dado por los cojinetes de cubierta (43) y el eje longitudinal geométrico determinante (10) del cigüeñal y se rectifican los cojinetes de elevación (5) de acuerdo con el eje longitudinal geométrico determinante (10);

25 d) una segunda estación de rectificado (23), con un cabezal fijo portapieza (36) y un cabezal móvil (37), que están dotados los dos de puntas de centraje (52, 53), estando adaptadas las puntas de centraje (52,53) a perforaciones de centraje (8,9) que están colocadas en los lados frontales del cigüeñal (1) de manera correspondiente al recorrido del eje longitudinal geométrico determinante (10);

30 e) un dispositivo para el accionamiento de giro al menos del cabezal fijo portapieza (36) en la segunda estación de rectificado (23), mediante el cual se realiza el rectificado de los cojinetes principales (3, 4) del cigüeñal (1) con la rotación del cigüeñal (1) alrededor del eje longitudinal geométrico determinante (10) como eje de giro.

35 15. Dispositivo según la reivindicación 14, en el que una estación de medición (13) y una célula de rectificado (21) que comprende la primera y la segunda estación de rectificado (22, 23) están agrupadas en una instalación y está previsto un dispositivo de transporte que suministra un cigüeñal (1) que va a rectificarse sucesivamente a la estación de medición (13), lo transfiere de ésta a la primera estación de rectificado (22), después a la segunda estación de rectificado (23) y a continuación transporta hacia fuera el cigüeñal (1) terminado de rectificar.

40

Fig. 2

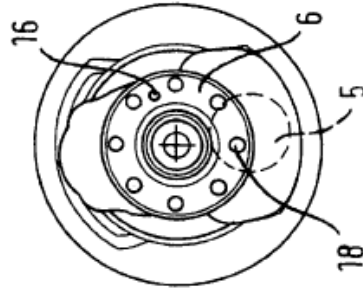


Fig. 1

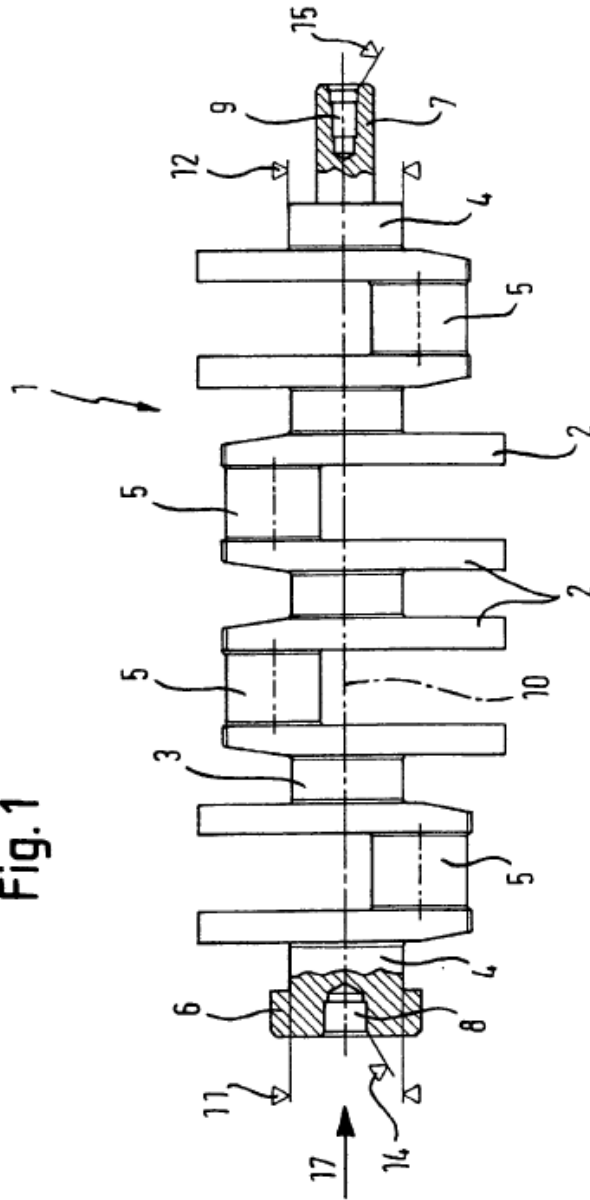
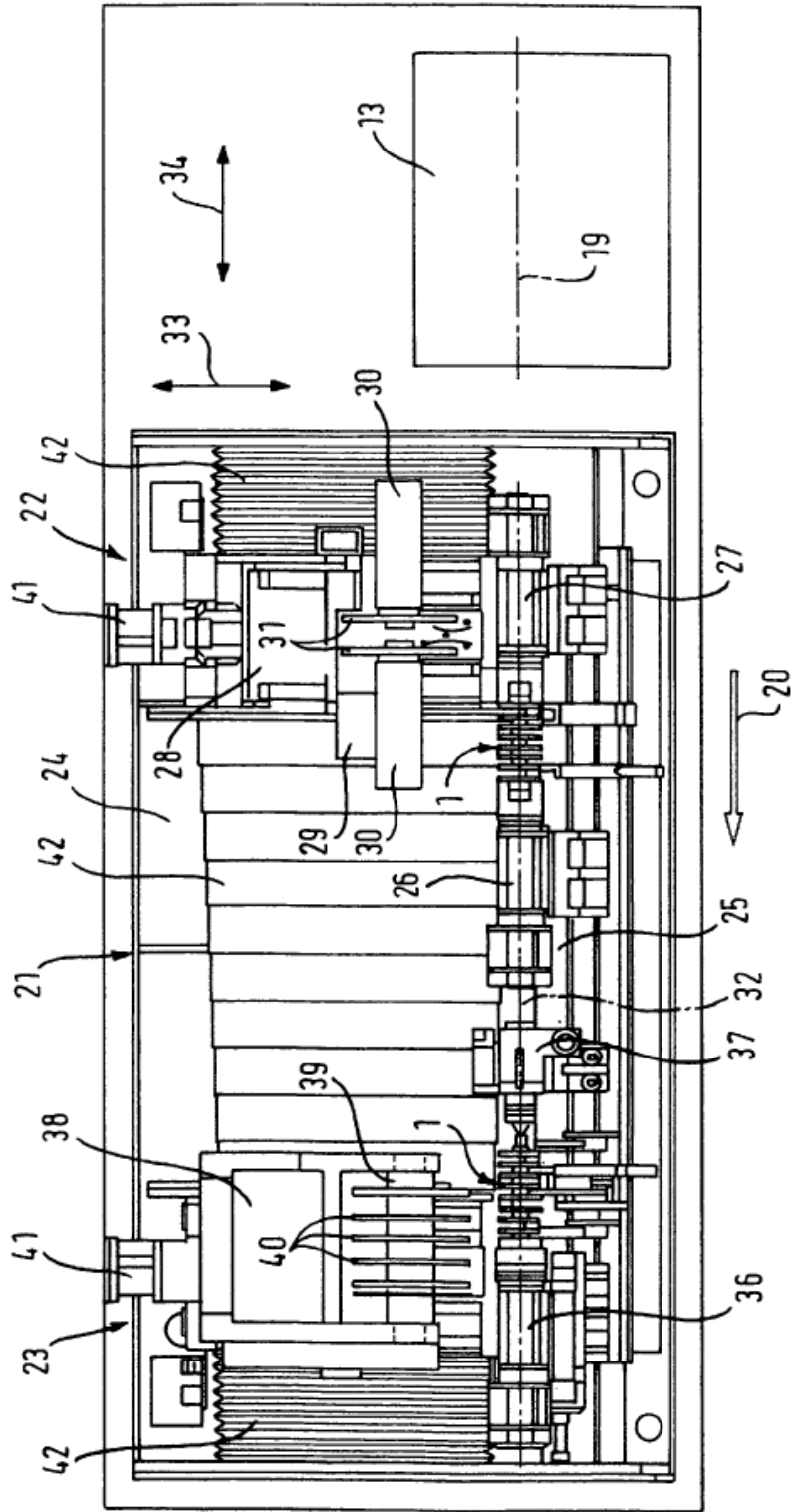


Fig. 3



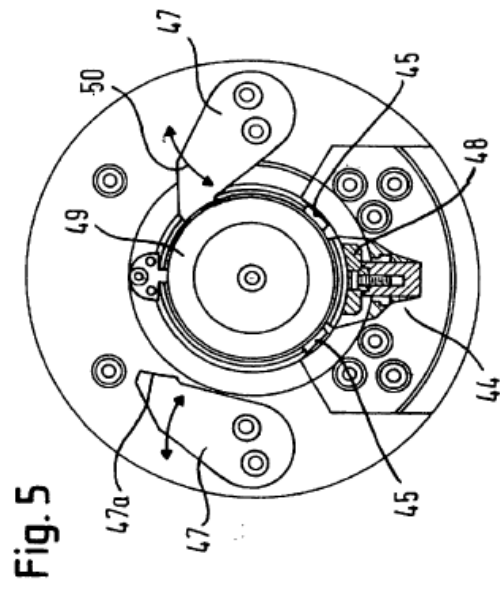
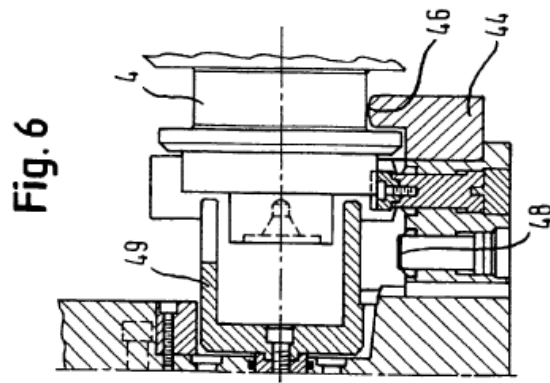
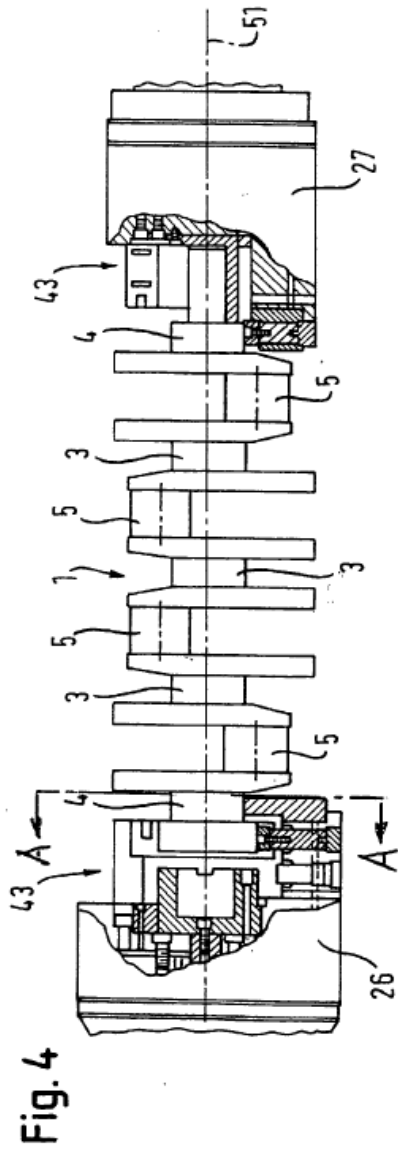


Fig. 7

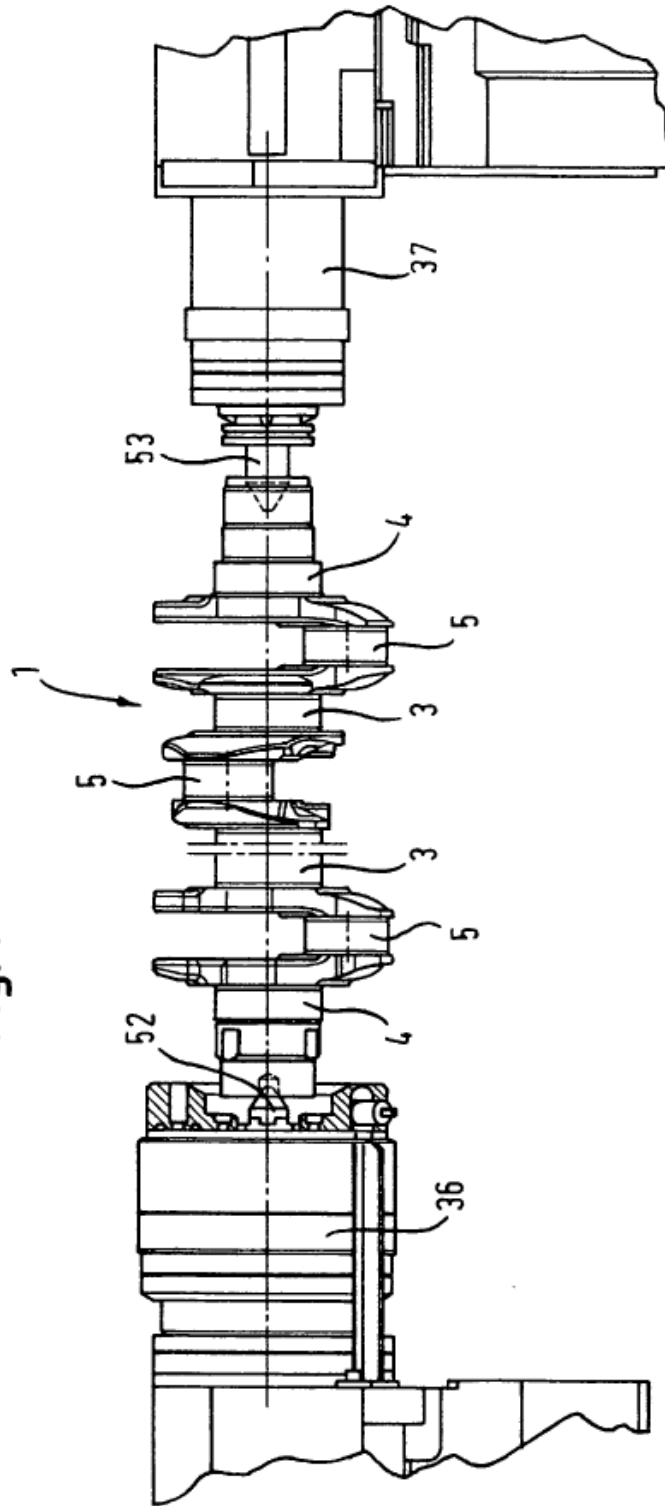




Fig. 8

