

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 974 907**

51 Int. Cl.:

B23P 9/04 (2006.01)

C21D 7/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.05.2018 PCT/EP2018/063692**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.12.2018 WO18228793**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.05.2018 E 18727278 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.03.2024 EP 3609649**

54 Título: **Método para el posprocesamiento de un cigüeñal**

30 Prioridad:

14.06.2017 DE 102017113071

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

02.07.2024

73 Titular/es:

**MASCHINENFABRIK ALFING KESSLER GMBH
(100.0%)
Auguste-Kessler-Strasse 20
73433 Aalen, DE**

72 Inventor/es:

**REEB, ALFONS;
SCHMIDT, JOCHEN y
GRIMM, KONRAD**

74 Agente/Representante:

FERNÁNDEZ POU, Felipe

ES 2 974 907 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

Método para el posprocesamiento de un cigüeñal

5 La invención se refiere a un método para el posprocesamiento de un cigüeñal, en particular con el fin de corregir errores de concentricidad y/o con el fin de realizar una corrección de longitud, según se establece en el preámbulo de la reivindicación 1.

10 Debido al continuo desarrollo y aumento de rendimiento de los motores de combustión interna y a los estrictos requisitos de emisiones impuestos sobre ellos, los motores modernos se ven sometidos a una carga cada vez mayor. Por esta razón, la industria automotriz exige altos estándares en cuanto a resistencia, entre otras cosas, en el cigüeñal, que está sometido a cargas elevadas y es importante para el funcionamiento de un motor de combustión interna. Aquí, en términos de construcción, a menudo se demanda que el cigüeñal sea de bajo peso y que el requisito de espacio sea pequeño. Para el diseño del cigüeñal, esto significa que se debe lograr un aumento en la capacidad de carga no mediante el aumento de la sección transversal, es decir, mediante el módulo de sección del cigüeñal, sino en la medida de lo posible mediante estados locales de compresión interna. Por esta razón, los cigüeñales modernos se producen utilizando una amplia variedad de métodos de mecanizado y tratamiento térmico, de manera que los cigüeñales puedan ser sometidos a niveles cada vez más altos de potencia del motor.

20 Ejemplos de tales métodos son los tratamientos térmicos, como los métodos de endurecimiento superficial por inducción y cementación, endurecimiento por láser o nitruración, y los métodos de endurecimiento por deformación, como el laminado profundo, granallado o endurecimiento por impacto. Estos son métodos comunes y en su mayoría bien establecidos, que son adecuados para una amplia variedad de propósitos.

25 En cuanto a ejemplos de tales métodos, se hace referencia a los siguientes documentos: EP 1 479 480 A1, EP 0 788 419 B1, EP 1 612 290 A1, DE 10 2007 028 888 A1 y EP 1 034 314 B1.

30 Por ejemplo, el documento WO 2015/141611 A1 se refiere a un proceso de endurecimiento por deformación para endurecer un cigüeñal en áreas altamente estresadas del mismo. Con este fin, se propone presionar o remodelar las áreas correspondientes del cigüeñal utilizando un punzón. El documento DE 10 2005 032 185 A1 también se refiere a un proceso para aumentar la resistencia a la fatiga de los cigüeñales mediante un proceso de prensado.

35 El endurecimiento por impacto en particular es un método ventajoso para aumentar la resistencia a la fatiga, en particular la resistencia a la fatiga por flexión y la resistencia a la fatiga por torsión, de los cigüeñales. El aumento en la resistencia a la fatiga se logra aquí mediante la introducción de fuerzas de impacto en el cigüeñal mediante el trabajo en frío, preferentemente martilleo mediante herramientas de impacto especiales, en las regiones cargadas en las transiciones de sección transversal y cambios de sección transversal. Como ejemplos de dicho proceso, se hace referencia a el documento DE 34 38 742 C2 y EP 1 716 260 B1.

40 Con el aumento de las demandas en un motor de combustión interna, también aumentan las demandas en las tolerancias dimensionales y de posición del cigüeñal. Se debe prestar especial atención en este sentido a la concentricidad y a las especificaciones de longitud del cigüeñal o de las porciones del cigüeñal. La cumplimiento exacto de las especificaciones rigurosas resulta ser difícil en la práctica, en particular porque la concentricidad también puede variar durante el proceso de temple y/o endurecimiento, y los procesos de tratamiento de superficie en algunos casos también pueden provocar un cambio en la longitud del cigüeñal o de porciones del cigüeñal. Por esta razón, puede surgir en la práctica que se realice un proceso de mecanizado de acabado final, o ajuste del cigüeñal en términos de sus tolerancias dimensionales y de posición, por ejemplo, después de un proceso de endurecimiento por deformación mecánico. Con este propósito, las dimensiones de longitud y la concentricidad deben estar dentro de los límites estrechos requeridos.

45 Métodos conocidos y convencionales para este propósito son, por ejemplo, la prensa en caliente de los preformados del cigüeñal y/o la expansión de porciones del cigüeñal, por ejemplo, de manera que el cigüeñal se expanda entre dos muñones del cigüeñal. Utilizando los métodos conocidos para el posprocesamiento del cigüeñal, no se puede garantizar en todos los casos una concentricidad óptima y el cumplimiento de las tolerancias dimensionales sin dañar el cigüeñal.

50 También se conoce a partir del documento JP H11 333520 A (base para el preámbulo de la reivindicación 1) corregir defectos introducidos en el cigüeñal mediante un proceso de laminado profundo como parte del endurecimiento de un cigüeñal mediante un posterior laminado profundo adicional dirigido. Un proceso similar también es conocido por el documento JP S59 101228 A. Sin embargo, el endurecimiento por deformación en frío no es igualmente adecuado para todas las aplicaciones y, por lo tanto, es necesario mejorar aún más el mecanizado de cigüeñales en su conjunto y, en particular, su posmecanizado.

60 La presente invención en consecuencia se basa en el objetivo de proporcionar un método para el posprocesamiento del cigüeñal que permite corregir errores de concentricidad y/o una corrección de longitud con el menor gasto financiero y técnico posible y que no cause daños adversos en los componentes. Dicho objeto se logra, para el método, mediante las características especificadas en la reivindicación 1.

Las reivindicaciones dependientes y las características descritas a continuación se refieren a modalidades y variantes ventajosas de la invención.

- 5 El método según la invención para el posprocesamiento de un cigüeñal se proporciona para la corrección de errores de concentricidad y/o para la corrección de longitud.

Además, la invención puede ser básicamente utilizada también para la corrección de cualquier tolerancia dimensional y/o de posición de un cigüeñal, por ejemplo, con el fin de garantizar la concentricidad, longitudes, paralelismo y/o perpendicularidad o angularidad en general.

10 El uso de la invención es adecuado particularmente de manera preferente junto con el aumento de la resistencia a la fatiga de, por ejemplo, cigüeñales con una longitud de 0,2 a 8 m o más y/o diámetros de muñón de cojinete principal y de bielas de 30 a 500 mm o más. La invención es sin embargo muy adecuada particularmente de manera preferente junto con cigüeñales grandes con una longitud de 1,5 a 8 m o más y/o diámetros de muñones de cojinete principal y de biela de 100 a 500 mm o más.

Se realiza una disposición de acuerdo con la invención de manera que se determinan los sectores del cigüeñal que provocan y/o caracterizan errores de concentricidad y/o, para al menos una porción del cigüeñal, se determina una desviación de longitud con respecto a una longitud del punto de ajuste, tras lo cual se introduce una fuerza de impacto para corregir los errores de concentricidad y/o la desviación de longitud en al menos un radio de transición definido entre los muñones de cojinete de biela y los brazos del cigüeñal y/o entre los muñones de cojinete principal y los brazos del cigüeñal por medio de al menos una herramienta de impacto.

20 En lo sucesivo, los muñones de cojinete de biela y los muñones de cojinete principal se denominarán simplemente "muñones" para simplificar. Aquí, la expresión "muñones" puede referirse tanto a los muñones de cojinete de biela como a los muñones de cojinete principal, y también solo a los muñones de cojinete de biela o solo a los muñones de cojinete principal. A menos que se indique explícitamente lo contrario, las tres variantes están comprendidas por la expresión "muñones" aquí.

25 El cigüeñal puede tener varios tipos de radios de transición, por ejemplo, filetes, por ejemplo, en forma de arco de cesta, o también radios rebajados o radios con transiciones. Los radios de transición pueden, por ejemplo, pasar tangencialmente a los puntos o superficies de rodadura de los muñones de cojinetes principal y de biela.

30 Esto también se aplica a transiciones a bridas, muñones y otros cambios geométricos en la sección transversal, tanto para radios tangenciales como para radios de rebaje.

El cigüeñal comúnmente tiene radios de transición en todas las transiciones o cambios en la sección transversal. Esto se aplica en particular a los cambios en la sección transversal entre los muñones de cojinete y los brazos del cigüeñal. La invención es particularmente adecuada para introducir fuerzas de impacto para el posprocesamiento en radios de transición entre los muñones de cojinete y los brazos del cigüeñal. Las fuerzas de impacto para el posprocesamiento también pueden introducirse en cualquier otro radio de transición y/o en cualquier otro cambio en la sección transversal, en particular cambios en la sección transversal en las secciones de extremo del cigüeñal, en particular en una transición hacia una brida, un disco o un eje, etc. Un radio de transición en el cual la fuerza de impacto para corregir errores de concentricidad y/o desviación de longitud es introducida por medio de al menos una herramienta de impacto, no necesariamente debe estar presente entre un muñón de cojinete de biela y un brazo del cigüeñal o un muñón de cojinete principal y un brazo del cigüeñal, sino que puede estar ubicada en cualquier lugar del cigüeñal. Las expresiones "muñón de cojinete de biela", "muñón de cojinete principal", "brida", "muñón" y/o "brazo del cigüeñal" pueden ser reinterpretadas en consecuencia por un experto en la técnica.

40 La invención se describirá a continuación sustancialmente mediante la introducción de fuerzas de impacto en los radios de transición entre los muñones de cojinete de biela y los brazos del cigüeñal y/o los muñones de cojinete principal y los brazos del cigüeñal. Sin embargo, esto no debe entenderse como limitante, y está destinado únicamente a servir para una mejor comprensión o una mejor legibilidad. Cuando se hace referencia a un radio de transición en el contexto de la invención, esto básicamente puede ser cualquier radio de transición en cualquier ubicación del cigüeñal.

45 La introducción de una fuerza de impacto puede entenderse como que una cabeza de impacto de una herramienta de impacto, o un llamado "cabezal" de un dispositivo de impacto, impacta contra esa región del cigüeñal que se va a endurecer, en el presente caso un radio de transición. Aquí, el impacto se realiza de manera dirigida en la posición de impacto deseada o en las posiciones de impacto a lo largo del radio de transición que se extiende de forma anular alrededor del eje.

50 La expresión "sectores del cigüeñal que caracterizan errores de concentricidad" se entiende como sectores del cigüeñal que son característicos de la determinación de un respectivo error de concentricidad. Los sectores a lo largo de un eje principal de rotación, afectados por desviación, de un cigüeñal pueden distribuirse axialmente, por ejemplo. En el caso de un error de concentricidad, el eje principal de rotación del cigüeñal

comúnmente sigue un perfil curvado, es decir, no se desplaza de manera recta o lineal entre los dos extremos del cigüeñal. Los sectores que caracterizan los errores de concentricidad pueden ser los sectores que definen la curva de acuerdo con la cual se ejecuta el eje principal de rotación del cigüeñal, en particular el inicio de la curva y/o el final de la curva (o las regiones finales del cigüeñal), los extremos o máximos y/o mínimos de la curva, y/o los puntos de inflexión de la curva.

5

La expresión "sectores del cigüeñal que caracterizan los errores de concentricidad" se entiende como los sectores del cigüeñal que desencadenan los errores de concentricidad y/o en los cuales los errores de concentricidad son particularmente pronunciados. Es completamente posible aquí que un error de concentricidad que es especialmente pronunciado en un sector haya sido causado o desencadenado por un error de concentricidad presente en otro sector.

10

Los sectores del cigüeñal que provocan errores de concentricidad y los sectores del cigüeñal que caracterizan errores de concentricidad también pueden corresponder.

15

Los sectores del cigüeñal que se definen para la corrección(es) pueden diferir de los sectores del cigüeñal que caracterizan y/o provocan los errores de concentricidad y/o que tienen la desviación de longitud. Los sectores pueden, sin embargo, también corresponder o al menos corresponder parcialmente.

20

Los sectores que provocan y/o caracterizan errores de concentricidad pueden constituir típicamente una parte del cigüeñal, por ejemplo, una región entre dos brazos del cigüeñal o una porción más larga o más corta, posiblemente también todo el cigüeñal. Los sectores también pueden ser simplemente puntiformes o en forma de anillo o parcialmente en forma de anillo (en forma de cerco alrededor del cigüeñal).

25

La determinación de los sectores del cigüeñal que provocan y/o caracterizan errores de concentricidad puede realizarse de forma automatizada o manual.

30

De manera análoga, la determinación de al menos una porción del cigüeñal que presenta una desviación de longitud con respecto a la longitud del punto de ajuste también puede realizarse de forma automatizada o manual.

35

Una corrección de los errores de concentricidad y/o de la desviación de longitud significa una medida de mejora que puede resultar en una reducción de los errores de concentricidad y/o de la desviación de longitud hasta el punto de una eliminación completa o prevención de los errores de concentricidad y/o de la desviación de longitud. Una corrección de los errores de concentricidad también puede entenderse como un ajuste de la concentricidad, por ejemplo, si se desea predefinir de manera específica una concentricidad objetivo para un cigüeñal.

40

En el caso de la corrección de desviaciones de longitud, al menos una porción del cigüeñal puede alargarse o acortarse. También se puede disponer que al menos una porción del cigüeñal se alargue y al menos una porción adicional del cigüeñal se acorte.

45

Una ventaja particular del método según la invención para el posprocesamiento es, en comparación con el estado de la técnica, que la resistencia a la fatiga del cigüeñal puede aumentarse aún más simultáneamente con la corrección de los errores de concentricidad y/o de la desviación de longitud. De hecho, el posprocesamiento, o corrección de los errores de concentricidad y/o de la desviación de longitud, según la invención conduce a una mejora adicional en la resistencia y/o robustez del cigüeñal, porque se utiliza un método de endurecimiento por impacto con este fin.

50

Si el cigüeñal, por ejemplo, debido a la forja, tratamiento térmico, endurecimiento superficial u otras razones, no alcanza la longitud total establecida o en una parte, el cigüeñal puede ser "alargado" mediante el método según la invención para el posprocesamiento a través de la introducción de las fuerzas de impacto.

55

Mediante el posprocesamiento del cigüeñal de acuerdo con la invención después de la producción de dicho cigüeñal, y después del endurecimiento por impacto de dicho cigüeñal, se puede lograr una precisión dimensional particularmente alta.

60

De acuerdo con la invención, se prevé de esta manera que los radios de transición del cigüeñal sean endurecidos por impacto, antes de determinar los errores de concentricidad y/o la desviación de longitud.

65

En principio, la corrección de los errores de concentricidad y/o de la desviación de longitud también puede realizarse básicamente, en el caso de una determinación correspondiente de la fuerza de impacto, de manera simultánea con un método para el endurecimiento por impacto para la introducción de tensiones compresivas internas en el cigüeñal. Sin embargo, esto está fuera del alcance de la presente invención. Con una solución no reclamada como esta, se puede hacer una disposición, por ejemplo, de manera que los sectores del cigüeñal que provocan y/o caracterizan los errores de concentricidad y/o la desviación de longitud con respecto a la longitud del punto de ajuste, se determinan de manera continua durante un proceso de endurecimiento por impacto, en el cual las fuerzas de impacto se adaptan continuamente para realizar la corrección de los errores de concentricidad y/o de la desviación de longitud simultáneamente con el endurecimiento por impacto. Esto puede ser ventajoso en particular para la corrección de la desviación de longitud, porque, en el caso de un cigüeñal que ya ha sido endurecido por

impacto, el efecto retroactivo de "alargamiento" es menor que en el caso de un cigüeñal que aún no ha sido endurecido por impacto.

5 El cigüeñal es preferentemente endurecido por impacto en primer lugar, de manera que las tensiones compresivas internas requeridas o deseadas ya hayan sido introducidas en el cigüeñal antes de determinar los errores de concentricidad y/o la desviación de longitud. Esto es ventajoso en particular porque el proceso de endurecimiento por impacto para la introducción de tensiones compresivas internas en el cigüeñal posiblemente tiene un efecto en la concentricidad y/o la desviación de longitud, lo cual se debe tener en cuenta preferentemente para el posprocesamiento según la invención.

10 En una mejora, se puede hacer una disposición en particular de manera que la porción del cigüeñal en la que se determina la desviación de longitud con respecto a la longitud del punto de ajuste corresponde a una separación entre dos brazos del cigüeñal, en particular a un llamado muñón del cigüeñal, una longitud parcial del cigüeñal o la longitud completa del cigüeñal.

15 Una corrección de desviación de longitud puede ser ventajosa en varios puntos del cigüeñal. Por ejemplo, mediante la introducción de fuerzas de impacto en los dos radios de transición de un muñón de cojinete principal, se puede aumentar la separación de los brazos del cigüeñal de cigüeñal que se adhieren al muñón de cojinete principal correspondiente.

20 Es posible mediante el método según la invención realizar cambios en la longitud, en particular en el caso de cigüeñales grandes, de hasta 50 mm, y/o mejoras en la concentricidad de hasta 90 mm, mediante el endurecimiento por impacto. Posiblemente también se pueden proporcionar cambios aún mayores en longitud y/o mejoras en la concentricidad.

25 Una corrección de longitud y/o una mejora en la concentricidad pueden proporcionarse básicamente a partir de errores de concentricidad o desviaciones de longitud de solo unas décimas de milímetro.

30 Una variación de longitud de entre 0,1 mm y 100 mm, preferentemente entre 0,5 mm y 50 mm, por ejemplo, entre 1 mm y 25 mm, entre 2 mm y 15 mm y/o entre 5 mm y 10 mm, puede ser proporcionada.

Una mejora en la concentricidad de entre 0,1 mm y 150 mm, preferentemente entre 0,5 mm y 90 mm, por ejemplo, entre 1 mm y 45 mm, entre 2 mm y 20 mm y/o entre 5 mm y 10 mm, puede ser proporcionada.

35 Además, se puede establecer una disposición de manera que al menos una herramienta de impacto introduce una fuerza de impacto para corregir los errores de concentricidad y/o la desviación de longitud en las regiones altamente cargadas de los radios de transición definidos.

40 Los inventores han reconocido que las regiones altamente cargadas del cigüeñal a menudo también constituyen las regiones más efectivas para la introducción de fuerzas de impacto, de modo que los errores de concentricidad y/o las desviaciones de longitud pueden corregirse. En consecuencia, las fuerzas de impacto se introducen preferentemente en regiones altamente cargadas de los radios de transición definidos.

45 En el presente caso, una región altamente cargada significa una región del radio de transición respectivo del cigüeñal que está sometida a cargas especialmente altas, en particular durante el funcionamiento del motor, por ejemplo, fuerzas de tracción, etc. Para la capacidad de carga del cigüeñal, la consideración de las regiones altamente cargadas de los radios de transición es de vital importancia. Se deben introducir preferentemente las mayores tensiones de compresión interna en estas regiones. Por esta razón, también, la introducción de las fuerzas de impacto con fines de corrección puede ser particularmente ventajosa en estas regiones del cigüeñal, porque la robustez del cigüeñal puede mejorar aún más en las regiones altamente cargadas.

50 Un radio de transición que se extiende de manera anular alrededor del cigüeñal o alrededor del muñón de cojinete de biela y/o del muñón de cojinete principal generalmente tiene múltiples regiones sometidas a cargas de intensidad diferente.

55 Por ejemplo, una región alrededor del llamado punto muerto inferior de un muñón de cojinete de biela puede ser una región altamente cargada dentro del alcance de la invención. El punto muerto inferior es la región que, durante el funcionamiento del motor, puede denominarse como el lado de tensión del muñón de cojinete de biela o como opuesta al lado de presión.

60 En una mejora de la invención, se puede hacer una disposición de manera que solo se seleccionen como radios de transición definidos aquellos que se encuentren en los sectores que provocan los errores de concentricidad y/o que se encuentren en al menos una porción que presenta la desviación de longitud.

65 Los sectores en los que los errores de concentricidad son particularmente pronunciados no necesariamente deben coincidir con los sectores que desencadenan los errores de concentricidad. Es concebible que la causa de un error de concentricidad resida en un sector, pero que el error de concentricidad se manifieste en otro sector. Se puede hacer una disposición aquí de manera que se seleccionan radios de transición en el sector en el que se manifiesta el

error de concentricidad y/o radios de transición en el sector que causa el error de concentricidad. Sin embargo, se asume típicamente que los sectores corresponden.

5 Se ha encontrado que es ventajoso si, para la corrección de errores de concentricidad, se introducen fuerzas de impacto solo en los radios de transición que se encuentran en el sector que causa los errores de concentricidad. Como se mencionó, los sectores también pueden corresponder a los sectores que son característicos de los errores de concentricidad.

10 Lo mismo se aplica de manera análoga a la eliminación de desviaciones de longitud. Con este propósito, también es ventajoso si se introducen fuerzas de impacto en los radios de transición que se encuentran en las porciones en las que se ha identificado la desviación de longitud. Si la desviación de longitud se encuentra entre dos brazos del cigüeñal, por ejemplo, de un brazo del cigüeñal, se prevé preferentemente de esta manera que la fuerza de impacto se introduzca en los radios de transición entre el muñón de cojinete y los dos brazos del cigüeñal de manera que la fuerza de impacto empuje los dos brazos del cigüeñal hacia afuera, alargando así el cigüeñal o el muñón del cigüeñal.

15 En una modalidad, se puede hacer una disposición de manera que, para la corrección de las desviaciones de longitud, se introduce una fuerza de impacto en todos los radios de transición del cigüeñal por medio de al menos una herramienta de impacto.

20 Esta medida es ventajosa en particular si la longitud total del cigüeñal se desvía de la longitud establecida. Por virtud del hecho de que la desviación de longitud puede ser compensada mediante un "alargamiento" o "acortamiento" preferentemente uniforme de manera distribuida en todo el cigüeñal, la longitud total del cigüeñal normalmente puede ser corregida sin que se excedan las tolerancias en porciones del cigüeñal, como por ejemplo los espacios entre dos cigües.

25 Para una corrección de longitud, es posible aquí seleccionar sectores en el cojinete de biela o en el muñón de cojinete de biela y/o sectores en el cojinete principal o en el muñón de cojinete principal que sean adecuados para el alargamiento o acortamiento deseado.

30 En una mejora de la invención, además se puede hacer una disposición de manera que se determina la naturaleza del error de concentricidad, en particular si hay una desviación arqueada, una desviación en zigzag o un error de concentricidad en las secciones de extremo del cigüeñal, en donde los radios de transición definidos se seleccionan en función de la naturaleza del error de concentricidad.

35 La naturaleza del error de concentricidad puede determinarse en particular mediante la identificación de los sectores del cigüeñal que caracterizan los errores de concentricidad. Por ejemplo, una desviación en arco se caracteriza por un perfil uniformemente arqueado del eje principal de rotación del cigüeñal entre las secciones de extremo del cigüeñal. El perfil curvo del eje principal de rotación tiene un máximo en el centro del cigüeñal. La posición (axial) del máximo y las secciones de extremo del cigüeñal pueden ser, por lo tanto, los sectores del cigüeñal que son característicos de la naturaleza del error de excentricidad de desviación arqueada y mediante los cuales se puede determinar la naturaleza del error de concentricidad. En el caso de una desviación en zigzag, el perfil de la curva del eje principal de rotación del cigüeñal típicamente tiene extremos adicionales. En caso de un error de concentricidad en las secciones de extremo, el perfil curvo del eje principal de rotación del cigüeñal puede ser recto, o seguir de manera deseada, entre las secciones de extremo, mientras que el perfil del eje principal de rotación es curvado en las secciones de extremo.

40 En una modalidad, se puede hacer una disposición en particular de manera que los radios de transición definidos se determinan en base a simulaciones, cálculos y/o series de pruebas de un tipo de cigüeñal respectivo.

45 Dependiendo del tipo de cigüeñal respectivo, sectores o porciones particulares o radios de transición pueden ser especialmente adecuados para la introducción de la fuerza de impacto para la corrección de errores de concentricidad y/o para la corrección de una desviación de longitud. En consecuencia, puede ser ventajoso que dichos sectores o porciones o radios de transición se determinen de antemano.

50 Como ya se ha mencionado, la invención también es adecuada para la corrección de cualquier especificación dimensional y de posición. En una refinación de la invención, también se puede hacer una disposición de manera que, para al menos una especificación adicional de forma y/o posición, se determina una desviación de una dimensión nominal, tras lo cual se introduce una fuerza de impacto para corregir la al menos una desviación adicional en al menos un radio de transición definido entre uno de los muñones de cojinete de biela y uno de los brazos del cigüeñal y/o entre uno de los muñones de cojinete principal y uno de los brazos del cigüeñal del cigüeñal por medio de al menos una herramienta de impacto.

55 En particular, la forma, orientación, perfil y posiciones de las regiones del cigüeñal pueden ser proporcionadas para el posprocesamiento y corrección de acuerdo con la invención.

60 En un perfeccionamiento de la invención, se puede prever de esta manera que sólo se seleccionen como radios de transición definidos entre los muñones de cojinete de biela y los brazos del cigüeñal o entre los muñones de cojinete

principal y los brazos del cigüeñal.

5 Dirigir el método según la invención a un solo tipo de radios de transición puede ser ventajoso, debido a que entonces la herramienta de impacto correspondiente no tiene que reconfigurarse durante el proceso, y la velocidad de procesamiento puede por lo tanto incrementarse.

Es particularmente preferible si solo se seleccionan radios de transición definidos entre los muñones de cojinete principal y los brazos del cigüeñal como radios de transición definidos.

10 Aunque generalmente un error de concentricidad se produce solo a lo largo del muñón de cojinete principal del cigüeñal, también puede ser conveniente realizar una corrección mediante la introducción de una fuerza de impacto en los radios de transición entre los muñones de cojinete de biela y los brazos del cigüeñal para compensar el error de concentricidad. La corrección del error de concentricidad mediante la introducción de las fuerzas de impacto en los radios de transición entre los muñones de cojinete principal y los brazos del cigüeñal es, sin embargo,
15 básicamente preferible.

En un refinamiento alternativo, puede preverse de esta manera que se usen al menos dos herramientas de impacto y se seleccionen al menos un radio de transición entre uno de los muñones de cojinete de biela y uno de los brazos del cigüeñal contiguos, y al menos un radio de transición entre uno de los muñones de cojinete de biela principales y uno de los brazos del cigüeñal contiguos como radios de transición definidos.
20

Dependiendo del tipo de cigüeñal y/o del uso del cigüeñal, puede ser ventajosa una selección correspondiente de los radios de transición definidos.

25 En una variante particular de la invención, se puede hacer una disposición de manera que, para la introducción de una fuerza de impacto para corregir el error de concentricidad y/o la desviación de longitud en al menos uno de los radios de transición a lo largo del respectivo radio de transición que se extiende de manera anular alrededor del cigüeñal, se definen una región altamente cargada, una región ligeramente cargada y regiones intermedias intercaladas, después de lo cual se realiza un endurecimiento por impacto de manera que la fuerza de impacto introducida en las regiones intermedias se incrementa en dirección a la región altamente cargada.
30

Los métodos y aparatos según el estado de la técnica establecen que, durante el endurecimiento por impacto de un radio de transición, se introduce una fuerza de impacto constante a lo largo del respectivo radio de transición que rodea de manera anular el muñón de cojinete de biela y/o el muñón de cojinete principal. Aquí, la fuerza de impacto se selecciona de manera que sea suficiente para introducir tensiones de compresión interna suficientes en las regiones altamente cargadas del cigüeñal.
35

Para la robustez del cigüeñal y para la corrección de los errores de concentricidad y/o de la desviación de longitud de acuerdo con la invención, sin embargo, no es imperativamente necesario que las fuerzas de impacto que se introducen en las regiones altamente cargadas también se introduzcan en las regiones intermedias y/o en las regiones ligeramente cargadas. De esta manera, el desembolso para la implementación del método de acuerdo con la invención puede ser reducido u optimizado.
40

En consecuencia, puede ser ventajoso que las fuerzas de impacto o las fuerzas de alto impacto se introduzcan solo en una o más regiones altamente cargadas de los radios de transición.
45

En base a simulaciones y series de pruebas, los inventores han descubierto que la robustez o resistencia a la fatiga del cigüeñal se puede lograr ventajosamente con una calidad sin cambios o mejorada, incluso si la fuerza máxima de impacto que se introduce en un radio de transición particular se introduce solo en la región altamente cargada, y si la fuerza de impacto se incrementa procediendo desde las regiones intermedias en dirección a la región altamente cargada.
50

De esta manera, se evita un cambio brusco o repentino de la fuerza de impacto de un impacto al siguiente impacto.

55 Por el hecho de que los radios de transición ya no se endurecen de manera completamente envolvente (con la misma fuerza de impacto), la velocidad de procesamiento puede maximizarse y se puede evitar o descartar el daño al muñón de cojinete de biela en el punto muerto superior.

La focalización en las regiones altamente cargadas de los radios de transición incluso puede resultar en una mejora adicional en la robustez.
60

Básicamente, el método según la invención y el aparato para llevar a cabo el método de la invención también pueden aplicarse o utilizarse en el caso de cigüeñales que ya han sido mecanizados previamente utilizando otros métodos con el fin de aumentar sus características de resistencia a la fatiga. Por ejemplo, un cigüeñal que ha sido endurecido por endurecimiento por inducción puede ser mejorado retrospectivamente en cuanto a su resistencia a la fatiga por flexión y torsión mediante la introducción de tensiones internas compresivas con corrección simultánea o posterior de las tolerancias dimensionales y de posición, en particular de la concentricidad y de la longitud.
65

En una variante de la invención, se puede hacer una disposición de manera que la fuerza de impacto introducida en las regiones intermedias aumenta de manera constante en dirección a la región altamente cargada.

- 5 En particular, se puede proporcionar una región altamente cargada que está rodeada en ambos lados por regiones intermedias, de manera que la región altamente cargada se separa de la región ligeramente cargada.

10 Se puede realizar una disposición básica de manera que la fuerza de impacto en las regiones intermedias y/o en la región ligeramente cargada siga cualquier perfil deseado, siendo preferible evitar cambios bruscos en la fuerza de impacto y que esta sea preferentemente la más alta (en particular, en un máximo, considerado en términos de un promedio y/o en la suma de todas las fuerzas de impacto individuales del radio de transición) en la región altamente cargada del radio de transición.

15 La fuerza de impacto introducida en las regiones intermedias se incrementa preferentemente de manera monótona, muy particularmente preferentemente estrictamente monótona, en dirección a la región altamente cargada.

Se puede realizar una disposición de manera que la fuerza de impacto introducida en las regiones intermedias se incremente de manera uniforme y/o lineal en dirección a la región altamente cargada.

- 20 También es posible que la fuerza de impacto introducida en las regiones intermedias se incremente en dirección a la región altamente cargada de acuerdo con cualquier función matemática deseada.

25 Se puede establecer una disposición de manera que no se introduce ninguna fuerza de impacto o solo se introduce una fuerza de impacto menor o igual a la fuerza de impacto más baja introducida en las regiones intermedias en la región de carga ligera.

Se puede preferentemente establecer una disposición de manera que no se introduzca ninguna fuerza de impacto en la región ligeramente cargada del radio de transición.

- 30 En una variante de la invención, también se puede hacer una disposición final de manera que se introduce una fuerza de impacto mayor o igual a la fuerza de impacto más alta introducida en las regiones intermedias del radio de transición en la región altamente cargada.

35 Es preferible que solo se introduzca la fuerza de impacto necesaria para alcanzar la resistencia a la fatiga deseada y/o para el posprocesamiento en cada región, en donde la fuerza de impacto se aumenta o reduce preferentemente de manera uniforme en la dirección de las regiones para las cuales una fuerza de impacto diferente es ventajosa.

40 En una variante de la invención, se puede hacer una disposición en particular de manera que la fuerza de impacto que se introduce en la región altamente cargada se determina en función de la resistencia a la fatiga deseada del cigüeñal, la resistencia a la fatiga deseada de las porciones del cigüeñal y/o la corrección deseada de los errores de concentricidad y/o la desviación de longitud.

45 Puede ser suficiente, para alcanzar la resistencia a la fatiga deseada del cigüeñal y/o la resistencia a la fatiga deseada de porciones del cigüeñal y/o la corrección deseada de errores de concentricidad y/o para la corrección de longitud, introducir fuerzas de impacto solo en las regiones altamente cargadas.

En una variante de la invención, también se puede prever de esta manera que la fuerza de impacto que se introduce en la región muy cargada sea constante o se mantenga constante en toda la región muy cargada.

- 50 En simulaciones y pruebas, se ha encontrado que se puede lograr una alta resistencia a la fatiga y/o robustez del cigüeñal en particular mediante la introducción de una fuerza de impacto (alta) con una intensidad constante en la región altamente cargada. Esto se aplica en particular (pero no exclusivamente) si, procediendo de la región altamente cargada, se introducen fuerzas de impacto de intensidad decreciente, en particular fuerzas de impacto que disminuyen linealmente de un impacto al siguiente impacto, en cada caso en las regiones intermedias, las cuales fuerzas de impacto pueden reducirse a cero en la región ligeramente cargada.

60 En una variante de la invención, se puede prever de esta manera que, a lo largo del radio de transición que rodea de manera anular el muñón de cojinete de biela, la región altamente cargada sea de al menos $\pm 20^\circ$, preferentemente al menos $\pm 30^\circ$, con mayor preferencia al menos $\pm 40^\circ$, particularmente de manera preferente al menos $\pm 50^\circ$, muy particularmente de manera preferente al menos $\pm 60^\circ$, por ejemplo, al menos $\pm 70^\circ$, al menos $\pm 80^\circ$ o al menos $\pm 90^\circ$, partiendo de un punto más altamente cargado del muñón del muñón de cojinete de la biela.

65 También es posible definir un límite superior para la extensión de la región altamente cargada a lo largo del radio de transición que se extiende de manera anular alrededor del muñón de cojinete de biela, según el cual la región altamente cargada es de como máximo $\pm 90^\circ$, preferentemente como máximo $\pm 80^\circ$, con mayor preferencia como máximo $\pm 70^\circ$, muy particularmente de manera preferente como máximo $\pm 60^\circ$, por ejemplo $\pm 50^\circ$, por ejemplo como máximo $\pm 40^\circ$, como máximo $\pm 30^\circ$ o como máximo $\pm 20^\circ$, partiendo del punto más altamente cargado del muñón del

muñón de cojinete de la biela.

El punto más cargado del muñón de cojinete de biela es especialmente el punto muerto inferior del muñón de cojinete de biela.

5 Se puede hacer una disposición en particular de manera que la región altamente cargada se define a lo largo de la circunferencia de un cojinete que procede desde el punto más altamente cargado del cojinete.

10 En una variante de la invención, además se puede prever de esta manera que, a lo largo del radio de transición que se extiende de forma anular alrededor del muñón de cojinete principal, la región altamente cargada sea de al menos $\pm 20^\circ$, preferentemente de al menos $\pm 30^\circ$, con mayor preferencia de al menos $\pm 40^\circ$, particularmente de manera preferente de al menos $\pm 50^\circ$, muy particularmente de manera preferente de al menos $\pm 60^\circ$, por ejemplo, de al menos $\pm 70^\circ$, de al menos $\pm 80^\circ$ o de al menos $\pm 90^\circ$, partiendo de un punto más altamente cargado del muñón de cojinete principal.

15 También es posible definir un límite superior para la extensión de la región altamente cargada a lo largo del radio de transición que rodea de manera anular al muñón de cojinete principal, según el cual la región altamente cargada es de como máximo $\pm 90^\circ$, preferentemente como máximo $\pm 80^\circ$, con mayor preferencia como máximo $\pm 70^\circ$, muy particularmente de manera preferente como máximo $\pm 60^\circ$, por ejemplo como máximo $\pm 50^\circ$, por ejemplo como máximo $\pm 40^\circ$, como máximo $\pm 30^\circ$ o como máximo $\pm 20^\circ$, partiendo de un punto más altamente cargado del muñón de cojinete principal.

20 Esto también se aplica de manera análoga para transiciones a bridas, ejes y otros cambios geométricos en la sección transversal, tanto para radios tangenciales como para radios de rebaje.

25 Las simulaciones y/o cálculos y/o series de pruebas del tipo de cigüeñal respectivo pueden ser tomados en consideración para determinar la región altamente cargada o el punto más altamente cargado.

30 Las regiones respectivas altamente cargadas o los puntos respectivos más altamente cargados de los radios de transición pueden diferir en los radios de transición individuales del cigüeñal. La región altamente cargada o el punto más altamente cargado también pueden corresponder en todos los radios de transición, en particular en un tipo de radios de transición. La región altamente cargada o el punto más altamente cargado posiblemente pueda corresponder en todos los radios de transición, en primer lugar, entre los muñones de cojinete de biela y los brazos del cigüeñal y, en segundo lugar, entre los muñones de cojinete principal y los brazos del cigüeñal.

35 Lo mismo también se aplica a una o más regiones intermedias y a la región ligeramente cargada.

40 La región altamente cargada puede tener básicamente cualquier tamaño deseado, por ejemplo, puede ser más pequeña que $\pm 20^\circ$ o mayor que $\pm 90^\circ$, partiendo del punto muerto inferior del muñón de cojinete de biela o del punto más altamente cargado del muñón de cojinete principal.

45 En una variante de la invención, puede definirse en particular que el punto más cargado (especialmente en términos de torsión) de un radio de transición de un muñón de cojinete principal se encuentra, en la sección transversal del cigüeñal, en el punto de intersección del radio de transición del muñón de cojinete principal con la línea de conexión de los puntos centrales del muñón de cojinete principal y del muñón de cojinete de biela adyacente al radio de transición del muñón de cojinete principal.

50 El punto más cargado de un radio de transición de un muñón de cojinete principal del cigüeñal puede estar ubicado en un lado del cigüeñal alejado del punto muerto inferior de un muñón de cojinete de biela adyacente.

55 En una variante de la invención, se puede hacer una disposición de manera que la introducción de las fuerzas de impacto se realiza de tal manera que las impresiones de una cabeza de impacto de al menos una herramienta de impacto se superponen de manera definida a lo largo del radio de transición respectivo que se extiende de forma anular alrededor del cigüeñal (en particular alrededor del muñón de cojinete de biela y/o del muñón de cojinete principal).

60 Mediante la superposición de impresiones de impacto y/o posiciones de impacto estrechamente dispuestas y exactamente definidas, se puede lograr un aumento especialmente efectivo en la resistencia a la fatiga o resistencia a la fatiga por flexión y resistencia a la fatiga por torsión, con corrección simultánea de errores de concentricidad y desviaciones de longitud.

65 En una variante de la invención, además se puede prever de esta manera que la cabeza de impacto de al menos una herramienta de impacto introduzca la fuerza de impacto en el radio de transición con un ángulo de impacto ajustable.

La fuerza de impacto puede introducirse, por lo tanto, en el radio de transición con un ángulo que se adapte exactamente al punto más cargado durante la operación del cigüeñal o la carga máxima y su extensión en el

cigüeñal, teniendo en cuenta la carga de flexión y la carga torsional.

5 Se puede disponer de un dispositivo de impacto que tiene un pistón de impacto, una unidad de desviación y al menos una herramienta de impacto, en donde al menos una herramienta de impacto está fijada a la unidad de desviación, y en donde el pistón de impacto transmite un impulso a través de la unidad de desviación a la al menos una herramienta de impacto, tras lo cual la cabeza de impacto de la al menos una herramienta de impacto introduce la fuerza de impacto en el radio de transición en el ángulo de impacto.

10 Con este propósito, se puede utilizar un pistón de impacto que transmite un pulso intenso o un impulso (generado, por ejemplo, de forma neumática, hidráulica y/o eléctrica) a la cabeza de impacto.

15 Dependiendo de la fuerza de impacto, se forman impresiones visibles de impacto del cabezal de impacto en las respectivas posiciones de impacto. La profundidad de las impresiones de impacto y la calidad o el efecto de profundidad de las tensiones compresivas internas introducidas dependen en este caso de la fuerza de impacto seleccionada. La herramienta y los parámetros del proceso se coordinan preferentemente de manera exacta con el respectivo cigüeñal y, en este caso, si corresponde, con cambios geométricos parciales (cambios en la sección transversal).

20 La fuerza de impacto, a su vez, puede ser ajustada individualmente o alineada de manera más precisa con el máximo de carga mediante la variación del ángulo de impacto.

25 Se puede realizar una disposición de manera que el cigüeñal es girado en primer lugar mediante un dispositivo de accionamiento a lo largo de una dirección de rotación hasta una posición de impacto. Esto se puede lograr con un controlador de posición de bucle cerrado (movimiento de punto a punto) del cigüeñal.

Por ejemplo, se puede utilizar un controlador de posición de bucle abierto para girar el cigüeñal de manera escalonada o sincronizada desde una posición de impacto hasta la siguiente posición de impacto. En el caso más simple, se puede proporcionar un controlador PTP en bucle abierto o controlador de punto para este propósito.

30 El dispositivo de accionamiento puede comprender un motor, en particular un motor eléctrico. El motor eléctrico puede ser básicamente cualquier motor eléctrico, por ejemplo, un motor trifásico (en particular una máquina asíncrona trifásica), un motor de corriente alterna, un motor de corriente continua o un motor universal.

35 Se puede utilizar preferentemente un motor paso a paso.

También es posible que se proporcione un dispositivo de accionamiento de dos partes, en cuyo caso, por ejemplo, se proporciona un motor en cada extremo del cigüeñal, es decir, un accionamiento sincrónico o bilateral del cigüeñal.

40 Se puede establecer una disposición de manera que al menos una herramienta de impacto realiza un movimiento de impacto, o introduce la fuerza de impacto, con una periodicidad, preferentemente con un tiempo o frecuencia de impacto de 0,5 Hz a 30 Hz, particularmente de manera preferente con un tiempo de 0,5 Hz a 5 Hz y muy particularmente de manera preferente con un tiempo de 0,5 Hz a 3 Hz.

45 Otros intervalos de tiempo, por ejemplo, también pueden afectar frecuencias entre 0,1 Hz y 50 Hz, pero los valores mencionados anteriormente son particularmente adecuados.

50 Las presiones de impacto que pueden ser implementadas por el pistón de impacto para generar la fuerza de impacto pueden -dependiendo del modo de operación- oscilar entre 10 y 300 bar, preferentemente entre 30 y 180 bar, y particularmente de manera preferente entre 50 y 130 bar.

La temperatura en la región del segmento del cigüeñal o radio de transición a ser mecanizado debería preferentemente no ser superior a 65°C; se prefieren valores entre 12°C y 25°C.

55 Las fuerzas de impacto que se introducen en un radio de transición para el posprocesamiento según la invención también pueden introducirse en el radio de transición rodeando varias veces el cigüeñal o el muñón. Por lo tanto, también se puede prever la introducción de fuerzas de impacto en regiones del radio de transición en las que ya se han introducido fuerzas de impacto para el posprocesamiento del cigüeñal.

60 Se puede prever la introducción de la fuerza de impacto para que comience en la región ligeramente cargada (o en una región intermedia, en particular si no se va a introducir fuerza de impacto en la región ligeramente cargada) y para que la fuerza de impacto se incremente procediendo desde dicha región en dirección a la región altamente cargada.

65 Por ejemplo, se puede prever que una primera fuerza de impacto se introduzca en primer lugar en 360° alrededor del radio de transición que rodea anularmente, y que una segunda fuerza de impacto, que también puede ser idéntica a la primera fuerza de impacto, se introduzca posteriormente en las regiones intermedias y las regiones altamente cargadas, y que una tercera fuerza de impacto, que también puede ser idéntica a la primera y/o segunda

5 fuerza de impacto, se introduzca en la región altamente cargada en una tercera revolución. La fuerza de impacto puede aumentarse básicamente también, por ejemplo, partiendo de las regiones intermedias, en dirección a la región altamente cargada, mediante la introducción de fuerzas de impacto en múltiples revoluciones en el radio de transición que rodea anularmente para el posprocesamiento según la invención. La fuerza de impacto puede ser introducida como la suma de múltiples fuerzas de impacto individuales.

10 Esta descripción también incluye el uso de un método para el endurecimiento por impacto de los radios de transición de un cigüeñal, en particular para el endurecimiento por impacto de los radios de transición entre los muñones de cojinete de biela y los brazos del cigüeñal y/o los radios de transición entre los muñones de cojinete principal y los brazos del cigüeñal, para el posprocesamiento del cigüeñal para la corrección de errores de concentricidad y/o para la corrección de longitud.

15 Con respecto al uso ventajoso y posibles manifestaciones del método conocido de endurecimiento por impacto con el fin de utilizarlo para el posprocesamiento, se hace referencia a la descripción anterior y posterior del método para el posprocesamiento del cigüeñal.

Algunos de los componentes del aparato según la invención pueden corresponder básicamente en términos de su construcción al aparato según el documento EP 1 716 260 B1.

20 El cigüeñal producido con la ayuda de la invención se diferencia de los cigüeñales convencionales en particular en que, para el posprocesamiento del mismo, se han introducido fuerzas de impacto en al menos uno de los radios de transición. Esto puede resultar en una configuración característica del cigüeñal. Esto se aplica en particular cuando la fuerza de impacto se ha introducido con diferentes intensidades en diferentes regiones a lo largo del respectivo radio de transición que rodea de forma anular.

25 Se describirán a continuación modalidades ilustrativas de la invención con más detalle, basándose en la figura.

Las figuras muestran cada una modalidad ilustrativa preferida, en las cuales se ilustran características individuales de la presente invención en combinación entre sí.

30 En las figuras, los elementos funcionalmente idénticos se indican con las mismas designaciones de referencia.

En las figuras, en cada caso de manera esquemática:

- 35 La Figura 1 muestra una vista general de un aparato para llevar a cabo el método en una primera modalidad;
- La Figura 2 muestra una vista en perspectiva de una parte del aparato para llevar a cabo el método en una segunda modalidad;
- 40 La Figura 3 muestra un dispositivo de impacto con dos herramientas de impacto en una ilustración ampliada según el detalle "A" de La Figura 1;
- La Figura 4 muestra un dispositivo de impacto con solo una herramienta de impacto;
- La Figura 5 muestra un cigüeñal ilustrativo con desviaciones de longitud ilustrativas en porciones ilustrativas del cigüeñal;
- 45 La Figura 6 muestra un cigüeñal ilustrativo con un error de concentricidad en forma de desviación arqueada;
- La Figura 7 muestra un cigüeñal ilustrativo con un error de concentricidad en forma de una desviación en zigzag;
- La Figura 8 muestra un cigüeñal ilustrativo con un error de concentricidad en las secciones de extremo del cigüeñal eje;
- La Figura 9 muestra un detalle ilustrativo de otro cigüeñal;
- 50 La Figura 10 muestra una sección a través del cigüeñal de La Figura 9 de acuerdo con la línea de sección X;
- La Figura 11 muestra una división ilustrativa de un radio de transición que rodea de forma anular en una región altamente cargada, una región ligeramente cargada y regiones intermedias intercaladas de un muñón ilustrativo;
- La Figura 12 muestra una distribución ilustrativa de las fuerzas de impacto a lo largo de un radio de transición, que se ejecuta de manera anular alrededor de un eje, en una primera modalidad;
- 55 La Figura 13 muestra una distribución ilustrativa de las fuerzas de impacto a lo largo de un radio de transición, que se ejecuta de manera anular alrededor de un eje, en una segunda modalidad;
- La Figura 14 muestra una distribución ilustrativa de las fuerzas de impacto a lo largo de un radio de transición, que se ejecuta de manera circular alrededor de un eje, en una tercera modalidad; y
- 60 La Figura 15 muestra una distribución ilustrativa de las fuerzas de impacto a lo largo de un radio de transición, que se ejecuta de manera anular alrededor de un eje, en una cuarta modalidad.

65 El aparato ilustrado en una vista general en la figura 1 corresponde básicamente en términos de su construcción a los aparatos según el documento DE 34 38 742 C2 y EP 1 716 260 B1 con uno o más dispositivos de impacto 1, por lo que solo se discutirán en detalle las partes importantes y las diferencias con respecto al estado anterior.

El aparato tiene una base de máquina 2 y un dispositivo de accionamiento 3. El dispositivo de accionamiento 3 se utiliza para mover o girar un cigüeñal 4 en una dirección de rotación hacia una posición de impacto.

5 El cigüeñal 4 tiene muñones de cojinete de biela 5 y muñones de cojinete principal 6, entre los cuales se disponen los brazos del cigüeñal 7 en cada caso. Se forman radios de transición 8 (ver figuras 3 a 9) entre los muñones de cojinete de biela 5 y los brazos del cigüeñal 7, y entre las muñequillas principales 6 y los brazos del cigüeñal 7, o generalmente entre las transiciones en la sección transversal del cigüeñal 4.

10 En ese lado del cigüeñal 4 que mira hacia el dispositivo de accionamiento 3, se proporciona un dispositivo de sujeción 9 que tiene un disco de sujeción o una brida de sujeción 10. En ese lado del cigüeñal 4 que está alejado del dispositivo de accionamiento 3, se proporciona un soporte 11 preferentemente a modo de contrapunto, que tiene un dispositivo de sujeción adicional 9 para recibir o fijar de forma giratoria el cigüeñal 4. Opcionalmente o además del soporte 11, se puede proporcionar un respaldo que se posiciona en una ubicación de simetría rotacional.

15 El dispositivo de accionamiento 3 es capaz de poner en movimiento de rotación el cigüeñal 4 a lo largo de un eje de rotación C. Se prever aquí de esta manera que el eje principal de rotación C_{kw} del cigüeñal 4 esté posicionado excéntricamente con respecto al eje de rotación C del dispositivo de accionamiento 3, como se ilustra en la figura 1 y la figura 2. Con este fin, es preferible que se proporcionen medios de alineación 17 (ver figura 2) en la región del dispositivo de sujeción 9. Aquí, se puede proporcionar una disposición de manera que los medios de alineación 17 desplazan un eje central del cojinete 5, 6 que respectivamente se va a endurecer de manera que el eje central del cojinete 5, 6 se encuentre en el eje de rotación C.

20 Se puede proporcionar un accionamiento directo, preferentemente sin embrague, para el dispositivo de accionamiento 3. Un motor, preferentemente un motor eléctrico, del dispositivo de accionamiento 3 puede ser acoplado sin una relación de transmisión o transmisión al dispositivo de sujeción 9 o al cigüeñal 4.

25 Los dispositivos de impacto 1 descritos con más detalle a continuación se mantienen ajustables en un dispositivo de desplazamiento y ajuste 15 para adaptarlos a la posición de los muñones de cojinete de biela 5 y de los muñones de cojinete principal 6 y a la longitud del cigüeñal 4.

30 El soporte 11 también puede estar diseñado para ser desplazable, como se indica por las flechas dobles en la figura 1.

Se ilustran dos dispositivos de impacto 1 en la figura 1, aunque básicamente se pueden proporcionar cualquier número de dispositivos de impacto 1, por ejemplo, también solo un dispositivo de impacto 1.

35 También se puede prever de esta manera que al menos un dispositivo de impacto 1 esté diseñado y configurado para introducir fuerzas de impacto en los radios de transición 8 de los muñones principales 6 y que un dispositivo de impacto 1 esté diseñado y configurado para introducir fuerzas de impacto en los radios de transición 8 de los muñones de cojinete de biela.

40 Según la invención, se proporciona un método para el posprocesamiento de un cigüeñal 4, para la corrección de errores de concentricidad y/o para la corrección de longitud del cigüeñal 4.

45 Aquí se realiza una disposición de manera que se determinan en primer lugar los sectores $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6$ (ver las siguientes figuras 6 a 8) del cigüeñal 4 que caracterizan los errores de concentricidad.

Alternativamente o, además, pero no ilustrado aquí, también se pueden determinar los sectores que provocan los errores de concentricidad. Los sectores que respectivamente caracterizan y provocan los errores de concentricidad también pueden coincidir, por ejemplo, en el caso de los sectores S_3 y S_4 .

50 Alternativamente o, además, se determina al menos una desviación de longitud $\Delta L_1, \Delta L_2, \Delta L_3$ respecto a una longitud del punto de ajuste L_1, L_2, L_3 (ver la figura 5 siguiente) de al menos una porción del cigüeñal 4. Según la invención, posteriormente, se introduce una fuerza de impacto F_s para corregir los errores de concentricidad y/o la desviación de longitud en al menos un radio de transición definido 8 entre uno de los muñones de cojinete de biela 5 y uno de los brazos del cigüeñal 7 y/o en al menos un radio de transición 8 entre uno de los muñones de cojinete principal 6 y uno de los brazos del cigüeñal 7 del cigüeñal 4 por medio de al menos una herramienta de impacto 16.

60 El aparato ilustrado en la figura 1, que está diseñado básicamente para el endurecimiento por impacto de un cigüeñal 4, puede ser utilizado para la introducción de la fuerza de impacto F_s . Aquí, se realiza una disposición de acuerdo con la invención, de manera que los radios de transición 8 del cigüeñal 4 se endurecen, preferentemente mediante endurecimiento por impacto, antes de determinar el error de concentricidad y/o la desviación de longitud $\Delta L_1, \Delta L_2, \Delta L_3$.

65 La invención se utiliza adicionalmente para la corrección de errores de concentricidad y/o para la corrección de desviaciones de longitud. La invención también puede ser utilizada para el posprocesamiento de un cigüeñal 4 para la corrección de tolerancias dimensionales y de posición adicionales. Por ejemplo, se puede establecer una disposición de manera que, para al menos una especificación adicional de forma y/o posición, se determina una desviación de una dimensión nominal, tras lo cual se introduce una fuerza de impacto F_s para corregir al menos una

desviación adicional en al menos un radio de transición definido 8 entre uno de los muñones de cojinete de biela 5 y uno de los brazos del cigüeñal 7 y/o en al menos un radio de transición 8 entre uno de los muñones de cojinete principal 6 y uno de los brazos del cigüeñal 7 del cigüeñal 4 por medio de al menos una herramienta de impacto 16.

5 La Figura 2 ilustra, en una vista en perspectiva, un detalle de otro aparato para llevar a cabo el método según la invención, pero sin un dispositivo de impacto. Aquí, el aparato de la figura 2 es sustancialmente idéntico al aparato de la figura 1, por lo que solo se hará referencia a las diferencias importantes en detalle a continuación.

10 Se proporciona nuevamente un dispositivo de accionamiento 3. Además, se proporciona un dispositivo de sujeción 9 que tiene una brida de sujeción 10 y, fijado a ella, una placa frontal con mordazas de sujeción para fijar el cigüeñal 4. La placa frontal con las mordazas de sujeción del dispositivo de sujeción 9 se dispone sobre la brida de sujeción 10 de manera ajustable en un medio de alineación 17, mediante el cual el eje longitudinal C_{kw} del cigüeñal 4 puede desplazarse con respecto al eje de rotación C de un eje de transmisión o de un eje de entrada 13.

15 El cigüeñal 4 de la figura 2 tiene una configuración que difiere de la modalidad ilustrada en la figura 1, pero básicamente también comprende muñones de cojinete de biela 5, muñones de cojinete principal 6 y brazos del cigüeñal 7.

20 En la figura 2 (como en la figura 1), se puede proporcionar un dispositivo de sujeción adicional 9 en el extremo del cigüeñal 4 que está alejado del dispositivo de accionamiento 3, aunque dicho dispositivo de sujeción adicional también puede ser omitido.

25 La invención puede ser implementada básicamente con cualquier dispositivo de impacto 1. Se ilustra un dispositivo de impacto 1 de la figura 1 con más detalle a modo de ejemplo en la figura 3. Tiene un cuerpo principal 18 que puede estar provisto de un tope prismático correspondiente al radio del segmento del cigüeñal a mecanizar, y que preferentemente tiene guías 19 que guían dos herramientas de impacto 16 en su plano de soporte y les proporcionan un grado correspondiente de libertad en cuanto al ángulo de soporte alrededor de una unidad de desviación 20, lo cual es ventajoso para la adaptación a las condiciones dimensionales del cigüeñal 4. En cada caso, una bola como cabeza de impacto 21 se encuentra ubicada en los extremos delanteros de las dos herramientas de impacto 16. Una parte intermedia 22 produce la conexión entre un pistón de impacto 23 y la unidad de desviación 20, que transmite la energía de impacto a las herramientas de impacto 16. La parte intermedia 22 posiblemente también puede ser omitida.

35 Para aumentar la efectividad del impacto, se puede sujetar un prisma de sujeción 24, mediante resortes 25, mediante pernos de sujeción ajustables 26 con tuercas de sujeción 27, a ese lado del muñón 5, 6 que está alejado del cuerpo principal 18. Otras soluciones estructurales también son posibles aquí.

40 Debe entenderse que, cuando una parte de la descripción se refiere a "una herramienta de impacto" o "un dispositivo de impacto" o cuando se mencionan "múltiples herramientas de impacto/dispositivos de impacto", esto puede básicamente significar cualquier número de herramientas de impacto/dispositivos de impacto, por ejemplo, dos, tres, cuatro, cinco, seis, siete, ocho, nueve, diez o más. La referencia a una pluralidad o singularidad se proporciona únicamente con el fin de mejorar la legibilidad, y no es limitante.

45 Mediante la disposición de múltiples dispositivos de impacto 1 a lo largo de la longitud del cigüeñal 4 a mecanizar, es posible, según sea necesario, mecanizar simultáneamente todas las regiones que se encuentren en el centro y posiblemente de forma excéntrica del cigüeñal 4.

50 El pistón de impacto 23 transmite un impulso a las herramientas de impacto 16 a través de la unidad de desviación 20, de manera que las cabezas de impacto 21 de las herramientas de impacto 16 introducen la fuerza de impacto F_s en los radios de transición 8.

55 La expresión " F_s " y expresiones similares en la presente descripción deben entenderse simplemente como marcadores/variables para cualquier fuerza de impacto que parezca apropiada para un experto en la técnica. Aquí, donde la descripción se refiere a "la fuerza de impacto F_s ", esto puede referirse en cada caso a diferentes o a fuerzas de impacto idénticas.

60 La Figura 4 muestra un dispositivo de impacto 1 que está equipado con solo una herramienta de impacto 16. En la modalidad ilustrativa mostrada, el dispositivo de impacto 1 está preferentemente inclinado con respecto al cigüeñal 4, específicamente de tal manera que la herramienta de impacto 16, que está dispuesta coaxialmente con respecto al eje longitudinal del dispositivo de impacto 1, impacta perpendicularmente contra la región del segmento del cigüeñal a ser mecanizado, en el presente caso, el radio de transición 8 a ser mecanizado. En este caso, aunque es posible que en cada caso solo se mecanice un segmento del cigüeñal, por otro lado, el diseño estructural y la transmisión de fuerza mediante el dispositivo de impacto 1 son mejores y más simples.

65 Esta modalidad ha demostrado ser particularmente ventajosa para su uso en segmentos de cigüeñal no simétricos del cigüeñal 4. La modalidad también es adecuada para introducir fuerzas de impacto, con el propósito de corregir errores de concentricidad y desviaciones de longitud, solo en uno de los dos radios de transición 8 adyacentes al mismo eje 5, 6.

La Figura 5 ilustra un cigüeñal ilustrativo 4 con radios de transición respectivos 8 entre los muñones de cojinete de biela 5 y los brazos del cigüeñal 7, y entre los muñones de cojinete principal 6 y los brazos del cigüeñal 7, y además transiciones transversales con radios de transición 8. Aquí se ilustran porciones ilustrativas en las que se determinan las desviaciones de longitud ΔL_1 , ΔL_2 , ΔL_3 respecto a una longitud del punto de ajuste correspondiente L_1 , L_2 , L_3 . Una porción del cigüeñal 4 puede en este caso cubrir también toda la longitud del cigüeñal 4, lo cual se ilustra en la modalidad ilustrativa como la diferencia de la desviación de longitud ΔL_1 respecto a la longitud del punto de ajuste L_1 . El cigüeñal ilustrado 4 en la figura 5 es, por lo tanto, demasiado corto por la desviación de longitud ΔL_1 . Las porciones del cigüeñal 4 en las que se determinan las desviaciones de longitud ΔL_1 , ΔL_2 , ΔL_3 pueden tener cualquier longitud deseada, y la longitud puede, por ejemplo, corresponder también a la separación entre dos brazos del cigüeñal 7. En la modalidad ilustrada de la figura 5, se ilustra a modo de ejemplo una desviación de longitud ΔL_2 con respecto a una longitud del punto de ajuste L_2 de un denominado muñón del cigüeñal, es decir, la secuencia brazo del cigüeñal 7 / muñón del muñón de cojinete de biela 5 / brazo del cigüeñal 7. La región del cigüeñal 4 en la que se determina la desviación de longitud ΔL_1 , ΔL_2 , ΔL_3 también puede abarcar cualquier longitud parcial deseada del cigüeñal 4. También se ilustra en la modalidad ilustrativa una desviación de longitud ΔL_3 respecto a una longitud del punto de ajuste L_3 en la región central del cigüeñal 4, que abarca, a modo de ejemplo, tres muñones del cigüeñal.

Mediante la introducción de la fuerza de impacto F_s de acuerdo con la invención en los radios de transición definidos 8 del cigüeñal 4, se pueden corregir ventajosamente las desviaciones de longitud ΔL_1 , ΔL_2 , ΔL_3 . Con este propósito, es por ejemplo posible seleccionar radios de transición 8 que se encuentren en porciones que causen las desviaciones de longitud ΔL_1 , ΔL_2 , ΔL_3 . Sin embargo, también se puede realizar una disposición, en particular para corregir la desviación de longitud ΔL_1 de todo el cigüeñal 4, para introducir una fuerza de impacto F_s en todos los radios de transición 8 del cigüeñal 4 por medio de al menos una herramienta de impacto 16.

Como se menciona en la introducción, la invención también es particularmente adecuada para la corrección de errores de concentricidad. Se conocen varios tipos de errores de concentricidad en la práctica. Puede ser ventajoso aquí determinar en primer lugar la naturaleza del error de concentricidad, en particular si hay un desalineamiento arqueado (ilustrado en la figura 6), un desalineamiento en zigzag (ilustrado en la figura 7) o un error de concentricidad en las secciones de extremo del cigüeñal 4 (ilustrado en la figura 8), donde los radios de transición definidos 8 se seleccionan en función de la naturaleza del error de concentricidad.

Se muestra a modo de ejemplo en la figura 6 un cigüeñal 4 con un error de concentricidad en forma de desviación arqueada. Un desplazamiento arqueado se caracteriza sustancialmente por un perfil curvado del eje principal de rotación C_{kw} del cigüeñal 4.

Para la corrección de la concentricidad, en las modalidades ilustrativas, se determinan primero los sectores S_1 , S_2 , S_3 , S_4 , S_5 , S_6 del cigüeñal 4 que caracterizan el error de concentricidad. Un desplazamiento arqueado puede ser caracterizado, por ejemplo, por los sectores ilustrados S_1 , S_2 en los extremos del cigüeñal 4 y posiblemente un sector adicional (no ilustrado) en el centro del cigüeñal 4, que se refiere al valor máximo o extremo del perfil curvo del eje principal de rotación C_{kw} del cigüeñal 4.

La Figura 7 muestra un error de concentricidad en forma de una desviación en zigzag. Un desplazamiento en zigzag se caracteriza por un perfil curvado del eje principal de rotación C_{kw} del cigüeñal 4 con al menos dos extremos. Además de los sectores caracterizadores S_1 , S_2 en los extremos del cigüeñal 4, se pueden tener en cuenta los sectores S_3 , S_4 de los extremos del perfil curvo del eje principal de rotación C_{kw} del cigüeñal 4. Una corrección del error de concentricidad ilustrado en la figura 7 puede realizarse, por ejemplo, mediante la introducción de una fuerza de impacto F_s en un radio de transición 8 cerca de los sectores S_3 , S_4 que describen los extremos del perfil curvo del eje principal de rotación C_{kw} del cigüeñal 4.

Finalmente, la figura 8 ilustra un error de concentricidad en las secciones de extremo del cigüeñal 4, que puede ser caracterizado, por ejemplo, por los sectores S_5 , S_6 . Entre estos sectores caracterizadores S_5 , S_6 , el perfil del eje principal de rotación C_{kw} del cigüeñal 4 es sustancialmente lineal.

Para la corrección, es preferible que se seleccionen los radios de transición 8 que se encuentren en los sectores S_3 , S_4 , S_5 , S_6 . La magnitud del error de concentricidad es mayor en los sectores S_3 , S_4 , S_5 , S_6 , por lo que puede ser conveniente introducir fuerzas de impacto en los radios de transición 8 de estos sectores o en los radios de transición 8 adyacentes a estos sectores S_3 , S_4 , S_5 , S_6 . Las fuerzas de impacto proporcionadas según la invención también pueden introducirse ventajosamente en radios de transición que se encuentran en sectores (o adyacentes a estos sectores) que provocan los errores de concentricidad.

Los radios de transición definidos 8 pueden ser determinados básicamente también en base a simulaciones, cálculos y/o series de pruebas de un tipo de cigüeñal respectivo.

En particular, si solo se va a utilizar un dispositivo de impacto 1 y/o una herramienta de impacto 16, puede ser ventajoso seleccionar solo radios de transición 8 ya sea entre los muñones de cojinete de biela 5 y los brazos del cigüeñal 7 o entre los muñones de cojinete principal 6 y los brazos del cigüeñal 7 como radios de transición definidos 8. En este caso, se puede omitir la conversión o ajuste del aparato durante el método, y así se puede maximizar la

velocidad de procesamiento.

Es preferible que solo se seleccionen radios de transición 8 entre los muñones de cojinete principal 6 y los brazos del cigüeñal 7 como radios de transición definidos 8.

5 También se puede prever al menos dos herramientas de impacto 16 para ser utilizadas, y al menos un radio de transición 8 entre uno de los muñones de cojinete de biela 5 y uno de los brazos del cigüeñal contiguos 7, y al menos un radio de transición 8 entre uno de los muñones de cojinete principal 6 y uno de los brazos del cigüeñal contiguos 7 para ser seleccionados como radios de transición definidos 8.

10 Se puede hacer una disposición particularmente preferible de manera que la al menos una herramienta de impacto 16 introduce la fuerza de impacto F_s para la corrección de los errores de concéntrica y/o de la desviación de longitud en regiones altamente cargadas de los radios de transición definidos 8.

15 La Figura 9 ilustra un detalle ilustrativo de un cigüeñal 4 con respectivos radios de transición 8 entre los muñones de cojinete de biela 5 y las muñequillas 7, y entre los muñones de cojinete principal 6 y las muñequillas 7.

20 Dependiendo del funcionamiento del motor o del propósito del cigüeñal 4, los radios de transición 8 adyacentes a los muñones 5, 6 pueden tener regiones altamente cargadas $B_{m\acute{a}x}$ que se encuentran en cada caso en diferentes posiciones. Se ilustra una carga ilustrativa del cigüeñal 4 en la figura 9 mediante una flecha. El muñón de cojinete de biela 5 está conectado a lo largo de la flecha mediante un pistón (no ilustrado) al motor. Esa parte del muñón de cojinete de biela 5 a la que apunta la flecha es, en este caso, la llamada cara de presión. El llamado punto muerto inferior (PMI) del muñón de cojinete de biela 5 se encuentra en el lado opuesto al lado de presión, específicamente en el lado de tensión. Por experiencia, la carga de flexión de los respectivos radios de transición 8 es máxima en el punto muerto inferior (UT) del muñón de cojinete de biela 5. Es ventajosamente posible que la región altamente cargada $B_{m\acute{a}x}$ se defina como adyacente, preferentemente rodeando simétricamente, el punto muerto inferior UT.

30 En el caso del cigüeñal 4 ilustrado en la figura 9, además es posible que el punto más cargado del muñón de cojinete principal 6 adyacente al muñón de cojinete de biela 5 sea una región que corresponde al lado de presión del muñón de cojinete de biela adyacente 5. Para simplificar, dicha región de un muñón principal del muñón de cojinete 6 será referida en adelante como "punto muerto superior" (OT, por sus siglas en inglés).

35 Se puede hacer una disposición en la que se introduzca la fuerza de impacto F_s para la corrección de los errores de concéntrica y/o desviación de longitud en al menos uno de los radios de transición 8 a lo largo del respectivo radio de transición 8 que se ejecuta de manera anularmente circundante (alrededor del muñón de cojinete de biela 5 y/o del muñón del muñón de cojinete principal 6), se definen una región altamente cargada $B_{m\acute{a}x}$, una región ligeramente cargada $B_{m\acute{i}n}$ y regiones intermedias $B_{z\omega}$ intercaladas, tras lo cual se realiza un endurecimiento por impacto de manera que la fuerza de impacto F_s introducida en las regiones intermedias $B_{z\omega}$ se incrementa en dirección de la región altamente cargada $B_{m\acute{a}x}$.

40 Aquí, se puede establecer una disposición de manera que la fuerza de impacto F_s que se introduce en la región altamente cargada $B_{m\acute{a}x}$ se determina en función de la resistencia a la fatiga deseada del cigüeñal 4 y/o la resistencia a la fatiga deseada de las porciones del cigüeñal 4.

45 Para una mejor ilustración de las posiciones de los puntos muertos UT y OT, la figura 10 muestra una sección diagramática a través del cigüeñal 4 a lo largo de la línea de sección ilustrada "X" en la figura 9.

50 Se puede observar aquí que el punto más cargado o el punto muerto superior OT de un radio de transición 8 de un muñón de cojinete principal 6 se encuentra, en la sección transversal del cigüeñal 4, en el punto de intersección del radio de transición 8 del muñón de cojinete principal 6 con la línea de conexión x de los puntos centrales MH, MP del muñón de cojinete principal 6 y del muñón de cojinete de biela 5 adyacente al radio de transición 8 del muñón de cojinete principal 6.

55 La Figura 11 muestra una sección a través de un muñón ilustrativo 5, 6 con el fin de ilustrar la posible distribución de las regiones $B_{m\acute{a}x}$, $B_{m\acute{i}n}$, $B_{z\omega}$ a lo largo de la circunferencia del muñón 5, 6.

60 En el presente caso, el punto más cargado del cojinete 5, 6, es decir, el punto muerto inferior UT de un muñón de cojinete de biela 5 o el punto muerto superior OT de un muñón de cojinete principal 6, se denota como 180° . A partir de este punto, la región altamente cargada $B_{m\acute{a}x}$ se define a lo largo del radio de transición 8 que se extiende de manera anular alrededor del cigüeñal 4. La región altamente cargada $B_{m\acute{a}x}$ puede ser de al menos $\pm 20^\circ$, preferentemente al menos $\pm 30^\circ$, con mayor preferencia al menos $\pm 40^\circ$, particularmente de manera preferente al menos $\pm 50^\circ$, muy particularmente de manera preferente al menos $\pm 60^\circ$, por ejemplo, al menos $\pm 70^\circ$, al menos $\pm 80^\circ$ o al menos $\pm 90^\circ$ a partir de este punto, preferentemente de manera simétrica.

65 Adyacentes a la región altamente cargada $B_{m\acute{a}x}$, se definen dos regiones intermedias $B_{z\omega}$ que separan la región altamente cargada $B_{m\acute{a}x}$ de la región ligeramente cargada $B_{m\acute{i}n}$. Las regiones intermedias $B_{z\omega}$ pueden abarcar cualquier segmento de ángulo a lo largo del radio de transición que rodea de forma anular 8. Lo mismo se aplica a la

región ligeramente cargada $B_{\text{mín}}$. Los respectivos rangos de ángulo pueden ser determinados mediante cálculos, simulaciones y/o series de pruebas, posiblemente también a partir de mediciones durante la operación en tiempo real (del motor).

5 La fuerza de impacto F_s introducida en las regiones intermedias B_{zw} se incrementa preferentemente (de manera preferible y constante) en dirección de la región altamente cargada $B_{\text{máx}}$. La afirmación de que la fuerza de impacto F_s se incrementa significa que la fuerza de impacto F_s se incrementa preferentemente de forma progresiva entre impactos sucesivos.

10 Las Figuras 12 a 15 ilustran cuatro perfiles ilustrativos de la fuerza de impacto F_s a lo largo de la circunferencia de un eje 5, 6, por ejemplo, del eje 5, 6 de la Figura 11.

Aquí, en las figuras 12, 14 y 15, la fuerza de impacto F_s que se introduce en la respectiva región $B_{\text{máx}}$ altamente cargada es constante.

15 En todas las curvas ilustradas a modo de ejemplo, la fuerza de impacto F_s introducida en las regiones altamente cargadas $B_{\text{máx}}$ es mayor o al menos igual a la respectiva fuerza máxima de impacto F_s que se introduce en las regiones intermedias B_{zw} (y evidentemente, en cada caso, mayor que la fuerza de impacto F_s que se introduce en la región ligeramente cargada $B_{\text{mín}}$).

20 La fuerza máxima de impacto $F_{\text{máx}}$ se introduce así en la región altamente cargada $B_{\text{máx}}$ del radio de transición 8.

Además, las figuras 12 y 15 muestran una distribución ilustrativa de fuerzas en la cual, en cada caso, no se introduce una fuerza de impacto F_s en la región ligeramente cargada $B_{\text{mín}}$. Por el contrario, en las figuras 13 y 14, en la región $B_{\text{mín}}$, en cada caso ligeramente cargada, se introduce una fuerza de impacto F_s que es menor que la fuerza de impacto F_s más baja que se introduce en las regiones intermedias B_{zw} . Aquí, en el caso de la figura 14, se proporciona una fuerza de impacto mínima $F_{\text{mín}}$, que se mantiene constante en la región ligeramente cargada $B_{\text{mín}}$. Por el contrario, en la figura 13, procediendo desde las regiones intermedias B_{zw} hasta la posición situada frente al punto de carga más alto o el punto muerto inferior UT o el punto muerto superior OT respectivamente, la fuerza de impacto F_s se reduce de manera lineal y constante hasta alcanzar un valor mínimo, en este caso 0.

En la figura 12, procediendo desde la región ligeramente cargada $B_{\text{mín}}$, en la cual, por ejemplo, no se introduce ninguna fuerza de impacto en el presente caso, la fuerza de impacto F_s introducida en las regiones intermedias B_{zw} se incrementa de manera uniforme y/o lineal hasta la región altamente cargada $B_{\text{máx}}$.

35 Por el contrario, en la figura 13, el perfil de la fuerza de impacto F_s sigue una rampa continua que, partiendo de un punto situado frente al punto más cargado o el punto muerto inferior UT o el punto muerto superior OT a lo largo de la circunferencia del cigüeñal 4, aumenta en cada caso en dirección al punto más cargado o el punto muerto inferior UT o el punto muerto superior OT respectivamente. Aquí, en las respectivas regiones $B_{\text{mín}}$, B_{zw} y $B_{\text{máx}}$, el perfil de la fuerza de impacto F_s sigue una función de rampa asociada respectivamente, que en conjunto forman la rampa ilustrada.

45 La Figura 14 muestra un perfil de la fuerza de impacto F_s que es básicamente similar al perfil de la fuerza de impacto F_s de la Figura 12. En las regiones intermedias B_{zw} , sin embargo, a diferencia de la variación lineal o en forma de rampa de la fuerza de impacto F_s ilustrada en la figura 12, se muestra un perfil de curva suavizado.

Básicamente, la figura 15 muestra un diagrama en el que las fuerzas de impacto F_s se varían en las regiones intermedias B_{zw} en pasos.

50 Finalmente, se pueden proporcionar cualquier variación y combinación, en particular (pero no exclusivamente) de los perfiles ilustrados en las figuras 12 a 15. La invención no está limitada a un perfil particular de la fuerza de impacto F_s . Un perfil de la fuerza de impacto F_s a lo largo de la circunferencia del radio de transición 8 que rodea anularmente también puede ser seleccionado en función del funcionamiento del motor o del propósito del cigüeñal 4.

55

REIVINDICACIONES

1. Un método para el posprocesamiento de un cigüeñal (4) con el fin de corregir errores de concentricidad y/o con el fin de corrección de la longitud, en donde se determinan sectores ($S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6$) del cigüeñal (4) que provocan y/o caracterizan errores de concentricidad y/o, para al menos una porción del cigüeñal (4), se determina una desviación de longitud ($\Delta L_1, \Delta L_2, \Delta L_3$) respecto a una longitud del punto de ajuste (L_1, L_2, L_3), caracterizado porque se introduce una fuerza de impacto (F_s) para corregir los errores de concentricidad y/o la desviación de longitud ($\Delta L_1, \Delta L_2, \Delta L_3$) en al menos un radio de transición definido (8) entre los muñones de cojinete de biela (5) y los brazos del cigüeñal (7) y/o entre los muñones de cojinete principal (6) y los brazos del cigüeñal (7) del cigüeñal (4) por medio de al menos una herramienta de impacto (16), y en donde los radios de transición (8) del cigüeñal (4) son endurecidos por impacto, antes de la determinación de los errores de concentricidad y/o de la desviación de longitud ($\Delta L_1, \Delta L_2, \Delta L_3$).
2. El método como se reivindicó en la reivindicación 1, caracterizado porque esa porción del cigüeñal (4) en la que se determina la desviación de longitud ($\Delta L_1, \Delta L_2, \Delta L_3$) con respecto a la longitud del punto de ajuste (L_1, L_2, L_3) corresponde a una separación entre dos brazos del cigüeñal (7), una longitud parcial del cigüeñal (4) o la longitud completa del cigüeñal (4).
3. El método como se reivindicó en la reivindicación 1 o 2, caracterizado porque la al menos una herramienta de impacto (16) introduce una fuerza de impacto (F_s) para corregir los errores de concentricidad y/o la desviación de longitud ($\Delta L_1, \Delta L_2, \Delta L_3$) en regiones altamente cargadas ($B_{m\acute{a}x}$) de los radios de transición definidos (8).
4. El método como se reivindicó en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque solo los radios de transición (8) situados en los sectores ($S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6$) que provocan los errores de concentricidad y/o situados en al menos una porción que tiene las desviaciones de longitud ($\Delta L_1, \Delta L_2, \Delta L_3$) son seleccionados como radios de transición definidos (8).
5. El método como se reivindicó en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque, para la corrección de las desviaciones de longitud ($\Delta L_1, \Delta L_2, \Delta L_3$) se introduce una fuerza de impacto (F_s) en todos los radios de transición (8) del cigüeñal (4) por medio de al menos una herramienta de impacto (16).
6. El método como se reivindicó en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque se determina la naturaleza del error de concentricidad, en particular si hay una desviación en arco, una desviación en zigzag o un error de concentricidad en las secciones de extremo del cigüeñal (4), en donde los radios de transición definidos (8) se seleccionan en función de la naturaleza del error de concentricidad.
7. El método como se reivindicó en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque los radios de transición definidos (8) se determinan en base a simulaciones, cálculos y/o series de pruebas de un tipo de cigüeñal respectivo.
8. El método como se reivindicó en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque, para al menos una especificación adicional de forma y/o posición, se determina una desviación de una dimensión nominal, tras lo cual se introduce una fuerza de impacto (F_s) para corregir al menos una desviación adicional en al menos un radio de transición definido (8) entre uno de los muñones de cojinete de biela (5) y uno de los brazos del cigüeñal (7) y/o entre uno de los muñones de cojinete principal (6) y uno de los brazos del cigüeñal (7) del cigüeñal (4) por medio de al menos una herramienta de impacto (16).
9. El método como se reivindicó en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque solo se seleccionan radios de transición (8) ya sea entre los muñones de cojinete de biela (5) y los brazos del cigüeñal (7) o entre los muñones de cojinete principal (6) y los brazos del cigüeñal (7) como radios de transición definidos (8).
10. El método como se reivindicó en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque se utilizan al menos dos herramientas de impacto (16) y se selecciona al menos un radio de transición (8) entre uno de los muñones de cojinete de biela (5) y uno de los brazos del cigüeñal contiguos (7) y al menos un radio de transición (8) entre uno de los muñones de cojinete principal (6) y uno de los brazos del cigüeñal

contiguos (7) como radios de transición definidos (8).

11. El método como se reivindicó en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10,
caracterizado porque,
5 para la introducción de la fuerza de impacto (F_s) en al menos uno de los radios de transición (8) a lo largo del
respectivo radio de transición (8) que se extiende de manera anular alrededor del cigüeñal (4), se definen una
región altamente cargada ($B_{m\acute{a}x}$), una región ligeramente cargada ($B_{m\acute{i}n}$) y regiones intermedias intercaladas
(B_{zw}), tras lo cual se realiza un endurecimiento por impacto de manera que la fuerza de impacto (F_s)
10 introducida en las regiones intermedias (B_{zw}) se incrementa en dirección de la región altamente cargada
($B_{m\acute{a}x}$).

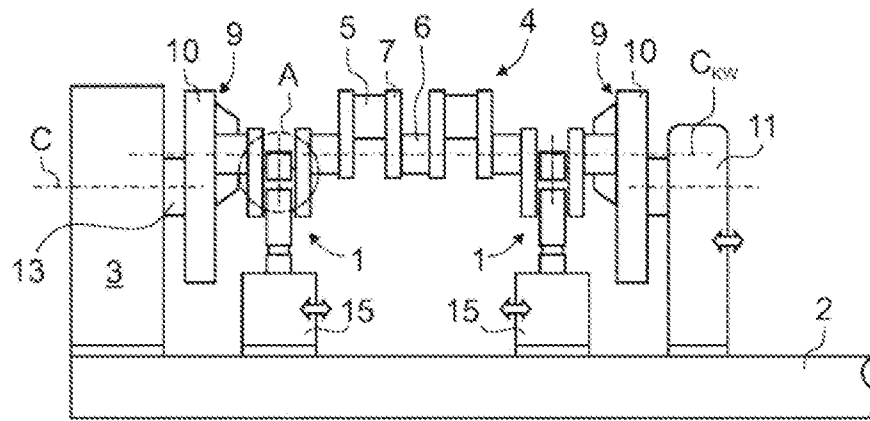


Figura 1

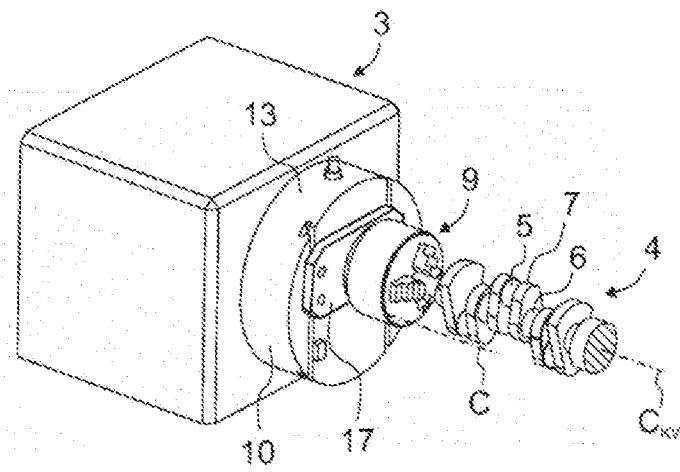


Figura 2

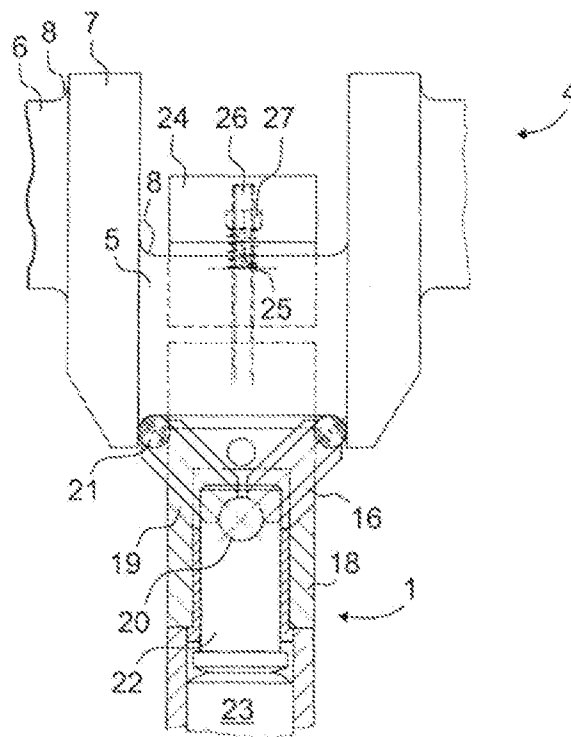


Figura 3

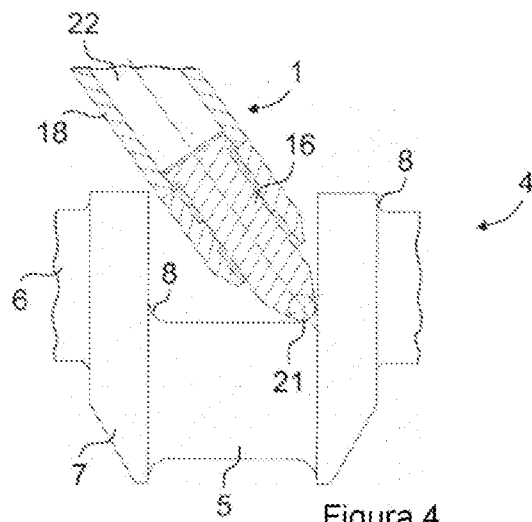


Figura 4

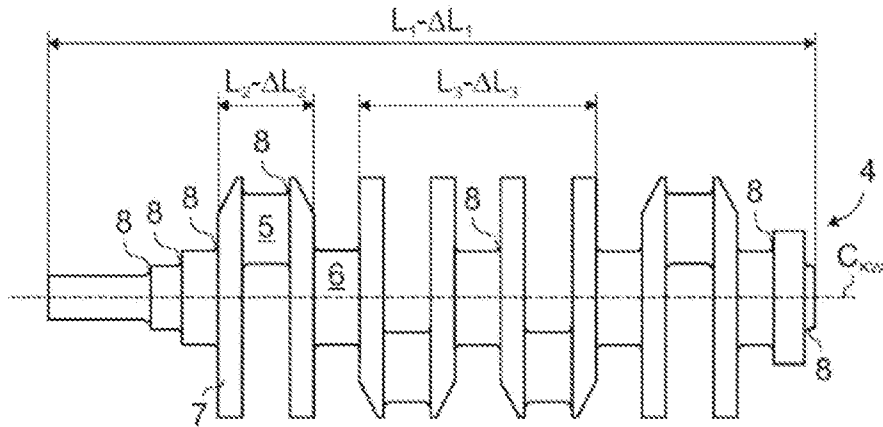


Figura 5

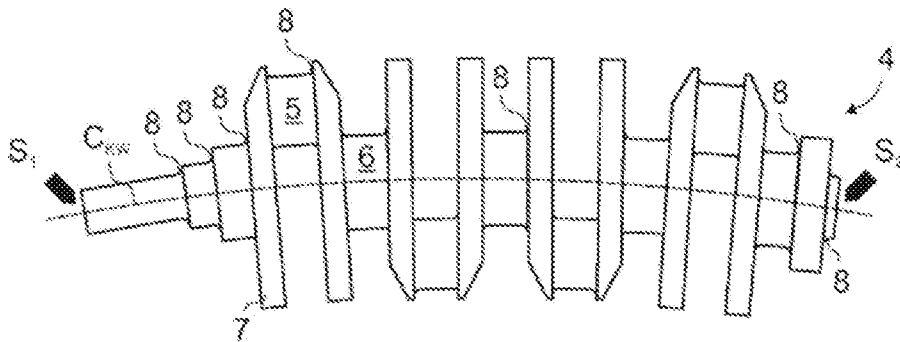


Figura 6

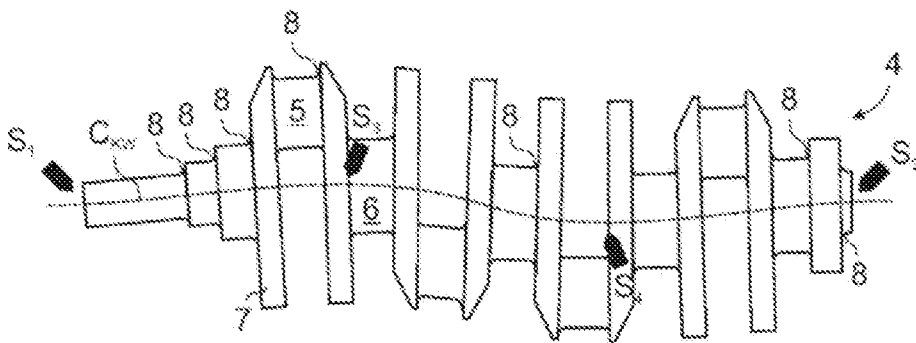


Figura 7

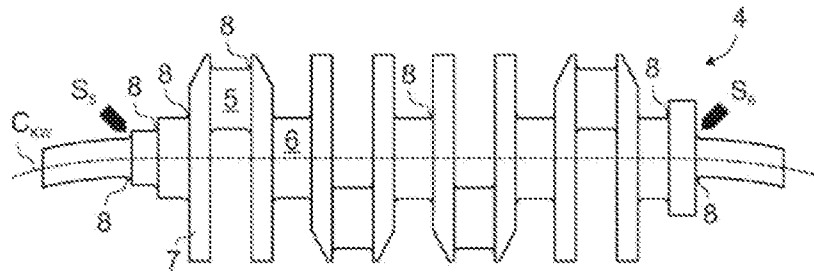


Figura 8

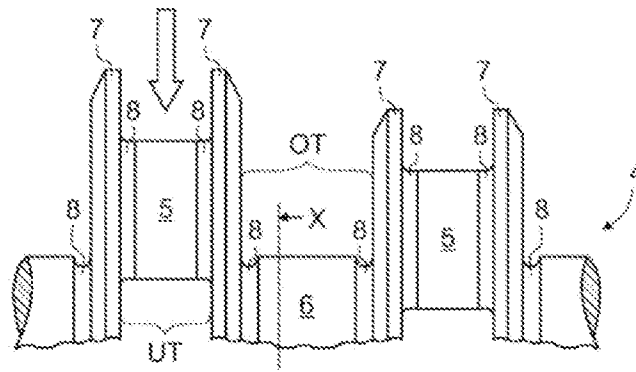


Figura 9

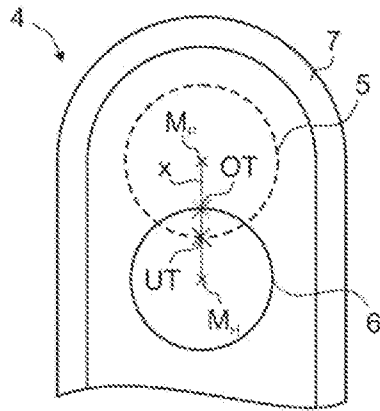


Figura 10

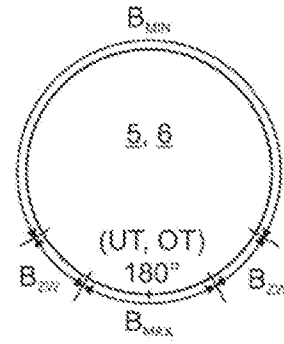


Figura 11

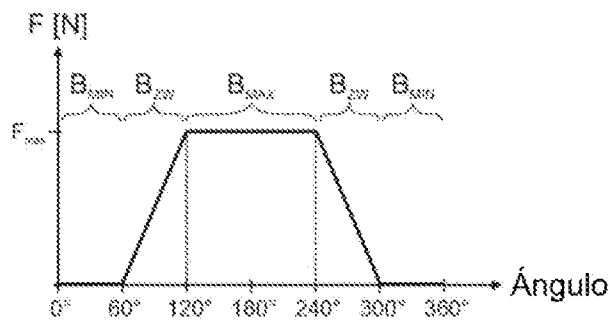


Figura 12

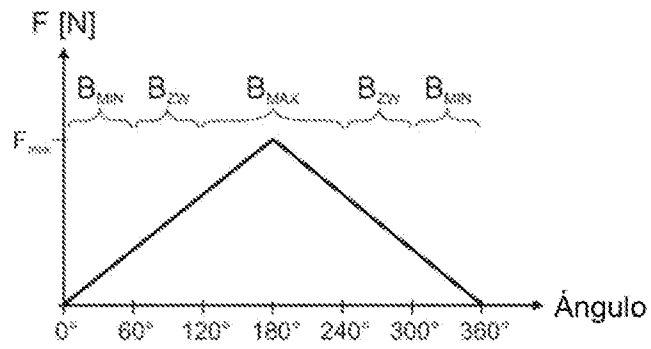


Figura 13

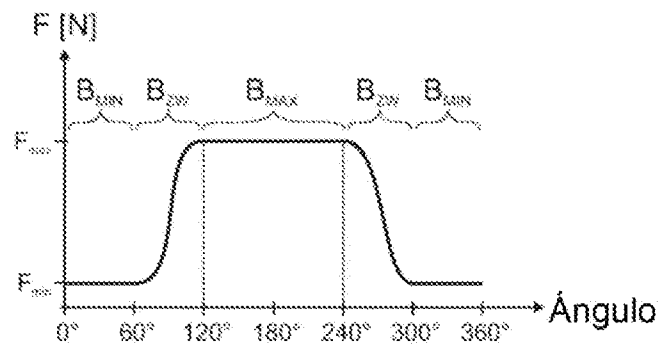


Figura 14

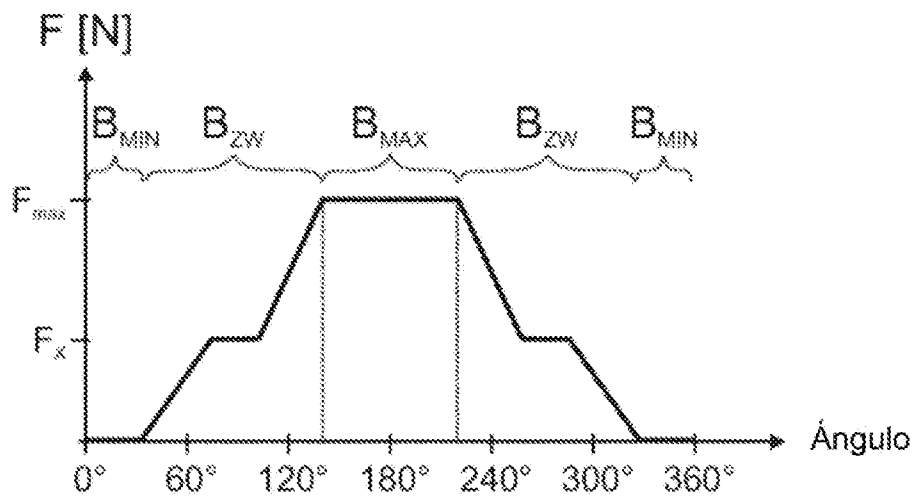


Figura 15