

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS  
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 992 992**

(51) Int. Cl.:

**B23F 23/10** (2006.01)  
**B23F 23/12** (2006.01)  
**G01M 1/36** (2006.01)  
**B23B 31/40** (2006.01)  
**B23B 23/00** (2006.01)  
**G01M 3/22** (2006.01)

(12)

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.12.2021 PCT/EP2021/084605**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **23.06.2022 WO22128635**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.12.2021 E 21839338 (7)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.09.2024 EP 4263100**

---

(54) Título: **Cabezal de herramienta con dispositivos de equilibrado y elemento de sujeción, así como máquina herramienta con un cabezal de herramienta de este tipo**

(30) Prioridad:

**18.12.2020 CH 16232020**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**20.12.2024**

(73) Titular/es:

**REISHAUER AG (100.0%)**  
Industriestrasse 36  
8304 Wallisellen, CH

(72) Inventor/es:

**HALTER, ADRIAN MARCEL;**  
**HUG, THEOPHIL y**  
**MÜLLER, MICHEL**

(74) Agente/Representante:

**VEIGA SERRANO, Mikel**

**ES 2 992 992 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**

Cabezal de herramienta con dispositivos de equilibrado y elemento de sujeción, así como máquina herramienta con un cabezal de herramienta de este tipo

5

La presente invención se refiere a un cabezal de herramienta de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1, que se describe en el documento EP2152077A1.

La presente invención se refiere, además, a una máquina herramienta con un cabezal de herramienta de este tipo.

### **Estado de la técnica**

15 Se utilizan herramientas rotatorias en muchas máquinas herramienta. Con objeto de lograr resultados de mecanizado de alta calidad, es necesario equilibrar las herramientas, es decir, eliminar desequilibrios. Esto se aplica, en particular, a máquinas de corte de engranajes, es decir, máquinas para mecanizado de engranajes.

20 Desequilibrio es el término utilizado para la situación en que el eje de rotación de un cuerpo rotatorio no corresponde a uno de sus ejes de inercia principales. Se hace una distinción entre desequilibrio estático y dinámico. En la mayoría de los casos, ambas formas ocurren de manera simultánea. El desequilibrio estático ocurre cuando el eje de rotación no pasa a través del centro de gravedad del cuerpo de rotación. El desequilibrio estático crea un movimiento circular del centro de gravedad del cuerpo cuando el cuerpo gira. Los desequilibrios dinámicos ocurren cuando el eje de rotación en el centro de gravedad se inclina con respecto a los ejes de inercia principales. Los desequilibrios dinámicos provocan vibraciones circulares desplazadas 180° en los extremos del eje. El centro de gravedad del cuerpo rotatorio permanece en reposo, mientras que el eje se tambalea debido a los movimientos circulares opuestos. Si el eje se fija mediante cojinetes, ocurre una carga correspondiente sobre los cojinetes.

25

30 Los desequilibrios en la herramienta conducen a una precisión de manufactura reducida durante el mecanizado de la pieza de trabajo, a una calidad superficial deteriorada y a un desgaste más rápido de la herramienta. Además, puede ocurrir daño en los cojinetes. El propósito del equilibrado es limitar las vibraciones de la herramienta y los esfuerzos de apoyo hasta valores aceptables.

35 Surgen retos especiales cuando deben equilibrarse herramientas con diámetros pequeños. En particular, se utilizan cada vez más herramientas con diámetros pequeños en la elaboración de engranajes. Con objeto de lograr la velocidad de corte deseada, normalmente tales herramientas se operan a velocidades de giro relativamente elevadas. Dado que las fuerzas de desequilibrio se incrementan proporcionalmente al cuadrado de la velocidad de giro, pueden ocurrir fuerzas de desequilibrio muy elevadas. Al mismo tiempo, con frecuencia tales herramientas son relativamente largas en relación con su diámetro. Como resultado, los momentos de flexión provocados por un desequilibrio dinámico tienen un efecto particularmente fuerte.

40

Por el estado de la técnica se conoce la reducción de desequilibrios en herramientas rotatorias mediante dispositivos de equilibrado adecuados. Con frecuencia, los dispositivos de equilibrado se disponen en el interior de la herramienta, como se muestra en la Fig. 1 del documento EP3153277A1. Sin embargo, tal disposición tiene limitaciones cuando pretenden utilizarse herramientas de diámetro pequeño. El espacio disponible en el interior de la herramienta con frecuencia ya no es entonces suficiente para instalar un dispositivo de equilibrado lo suficientemente funcional.

Para resolver este problema, el documento EP3153277A1 propone alojar la herramienta entre un husillo de motor y un contrahusillo libre de accionamiento e integrar los dispositivos de equilibrado en los árboles del husillo de motor y del contrahusillo. Una desventaja de esta solución es que los dispositivos de equilibrado se encuentran relativamente lejos de la herramienta y de las ubicaciones de los cojinetes del husillo de motor y del contrahusillo que se encuentran cerca de la herramienta. También, con frecuencia, no existe suficiente espacio disponible en los árboles del husillo de motor y del contrahusillo para la instalación de un sistema de equilibrado funcional.

## 55 Objeto de la invención

Un objetivo de la presente invención es especificar un cabezal de herramienta que también pueda utilizarse para herramientas de diámetro pequeño y que permita un equilibrado eficiente de tales herramientas.

60 Este objetivo se resuelve mediante un cabezal de herramienta según la reivindicación 1. Se especifican formas de realización adicionales en las reivindicaciones dependientes.

Se describe, por lo tanto, un cabezal de herramienta para una máquina herramienta, en particular para una máquina de corte de engranajes. El cabezal de herramienta tiene:

65 una primera unidad de husillo con un primer árbol de husillo montado en la primera unidad de husillo de manera

que puede girar alrededor de un eje de husillo de herramienta;  
 un primer dispositivo de equilibrado asociado con la primera unidad de husillo;  
 una segunda unidad de husillo con un segundo árbol de husillo montado en la segunda unidad de husillo de manera  
 que puede girar alrededor del eje de husillo de herramienta;  
 5 un segundo dispositivo de equilibrado asociado con la segunda unidad de husillo.

La primera unidad de husillo y la segunda unidad de husillo están dispuestas de manera coaxial una con respecto a  
 10 la otra, de tal manera que una herramienta puede alojarse axialmente entre el primer árbol de husillo y el segundo  
 árbol de husillo. De acuerdo con la invención, el primer dispositivo de equilibrado rodea el primer árbol de husillo de  
 manera radial y está dispuesto axialmente entre un cojinete de husillo del lado de la herramienta de la primera unidad  
 de husillo y un extremo del lado de la herramienta del primer árbol de husillo, y/o el segundo dispositivo de equilibrado  
 rodea el segundo árbol de husillo de manera radial y está dispuesto axialmente entre un cojinete de husillo del lado  
 de la herramienta de la segunda unidad de husillo y un extremo del lado de la herramienta del segundo árbol de husillo.

15 Por lo tanto, cuando una herramienta está alojada entre el primer árbol de husillo y el segundo árbol de husillo, el  
 primer y/o el segundo dispositivo de equilibrado está dispuesto fuera del respectivo árbol de husillo axialmente entre  
 20 un cojinete de husillo del lado de la herramienta de la unidad de husillo asociada y la herramienta. La disposición  
 propuesta hace posible equilibrar de manera eficiente también herramientas con diámetro pequeño. Al estar dispuesto  
 al menos uno de los dispositivos de equilibrado, preferentemente ambos dispositivos de equilibrado, alrededor de los  
 25 árboles de husillo, se encuentra disponible considerablemente más espacio para los elementos de equilibrado en  
 comparación con el caso en que ambos dispositivos de equilibrado se disponen en el interior de la herramienta o  
 dentro de los árboles de husillo. Como resultado, pueden corregirse desequilibrios incluso relativamente grandes.  
 Mediante la disposición del correspondiente dispositivo de equilibrado axialmente entre un cojinete de husillo del lado  
 30 de la herramienta y la herramienta, tiene lugar el equilibrado con este dispositivo de equilibrado tanto cerca de la  
 herramienta como cerca de las ubicaciones de cojinete correspondientes. Esto permite un equilibrado muy preciso.

Con frecuencia, la respectiva unidad de husillo comprenderá más de un solo cojinete de husillo. Por el término "cojinete  
 35 de husillo del lado de la herramienta" ha de entenderse entonces el cojinete de husillo que está dispuesto más cerca  
 de la herramienta, dentro de la unidad de husillo en cuestión, a lo largo del eje de husillo de herramienta.

30 En particular, la disposición de los planos de equilibrado en relación con los planos de cojinete de las dos unidades de  
 husillo puede ser la siguiente: el primer cojinete de husillo del lado de la herramienta define un primer plano de apoyo,  
 perpendicular al eje de husillo de herramienta, y el segundo cojinete de husillo del lado de la herramienta define un  
 35 segundo plano de apoyo, perpendicular al eje de husillo de herramienta. El primer dispositivo de equilibrado define un  
 primer plano de equilibrado, perpendicular al eje de husillo de herramienta, y el segundo dispositivo de equilibrado  
 define un segundo plano de equilibrado, perpendicular al eje de husillo de herramienta. Se prefiere entonces que el  
 primer plano de equilibrado se disponga entre el primer plano de apoyo y el segundo plano de equilibrado (en particular,  
 40 más cerca del primer plano de apoyo que del segundo plano de equilibrado) y/o que el segundo plano de equilibrado  
 se disponga entre el segundo plano de apoyo y el primer plano de equilibrado (en particular, más cerca del segundo  
 plano de apoyo que del primer plano de equilibrado).

Cuando una herramienta está alojada entre los dos árboles de husillo, la herramienta define un plano de centro de  
 45 gravedad, perpendicular al eje de husillo de herramienta, que contiene el centro de gravedad de la herramienta. El  
 primer plano de equilibrado se sitúa entonces preferentemente entre el primer plano de apoyo y el plano de centro de  
 gravedad, y/o el segundo plano de equilibrado se sitúa preferentemente entre el segundo plano de apoyo y el plano  
 de centro de gravedad. Se prefiere a este respecto que el respectivo plano de equilibrado se sitúe más cerca del plano  
 50 de apoyo correspondiente que del plano de centro de gravedad.

Esta disposición de los planos de equilibrado permite un eficiente equilibrado en dos planos.  
 50 En formas de realización preferidas, el primer dispositivo de equilibrado y/o el segundo dispositivo de equilibrado están  
 configurados como un sistema de equilibrado anular. Los sistemas de equilibrado anular se conocen desde hace  
 tiempo por el estado de la técnica (véase, por ejemplo, DE4337001A1, US5757662A) y permiten un equilibrado  
 55 automático muy preciso sin necesidad de detener el giro de los husillos. Se encuentran disponibles en el mercado en  
 diversas modalidades. Sin embargo, también pueden utilizarse en su lugar otros tipos de sistema de equilibrado, por  
 ejemplo, un sistema de equilibrado con pesos de equilibrado que pueden moverse por un motor eléctrico o un sistema  
 de equilibrado hidráulico.

Los dispositivos de equilibrado pueden estar configurados para funcionar por control numérico (NC). Para este  
 60 propósito, el primer y/o el segundo dispositivo de equilibrado puede comprender al menos un actuador para un ajuste  
 por control numérico de un desequilibrio de corrección del dispositivo de equilibrado en cuestión.

Puede estar previsto al menos un sensor de vibración en el cabezal de herramienta para detectar vibraciones  
 provocadas por un desequilibrio. Este sensor puede estar integrado en uno de los dispositivos de equilibrado o puede  
 65 configurarse por separado. El cabezal de herramienta puede tener, además, asociado un dispositivo de control  
 configurado para detectar señales provenientes del al menos un sensor de vibración y para controlar los actuadores

- en el primer y/o el segundo dispositivo de equilibrado a fin de ajustar desequilibrios de corrección en el primer y/o el segundo dispositivo de equilibrado en función de las señales detectadas. Este ajuste puede ser automatizado, de tal manera que se reduzca el desequilibrio. Preferentemente, el dispositivo de control está configurado para llevar a cabo un equilibrado automático en dos planos. Los algoritmos correspondientes son conocidos desde hace tiempo por el estado de la técnica. El dispositivo de control puede formar parte de un control de máquina o puede ser una unidad separada.
- Preferentemente, el primer y/o el segundo dispositivo de equilibrado está dispuesto fuera de la carcasa de la respectiva unidad de husillo. En particular, la primera unidad de husillo puede presentar una primera carcasa y la segunda unidad de husillo puede presentar una segunda carcasa. El primer y/o el segundo dispositivo de equilibrado está dispuesto entonces preferentemente fuera de la primera y la segunda carcasa. Alternativamente, las unidades de husillo, primera y segunda, pueden presentar una carcasa de husillo común, y el primer y/o el segundo dispositivo de equilibrado está dispuesto entonces preferentemente fuera de la carcasa de husillo común.
- En particular, el primer dispositivo de equilibrado está preferentemente dispuesto axialmente entre la carcasa de husillo (primera o común), que encierra la primera unidad de husillo, y la herramienta, y el segundo dispositivo de equilibrado está dispuesto axialmente entre la carcasa de husillo (segunda o común), que encierra la segunda unidad de husillo, y la herramienta, cuando la herramienta está alojada entre el primer árbol de husillo y el segundo árbol de husillo.
- Preferentemente, los contornos externos de los dispositivos de equilibrado están optimizados de tal manera que se reduce el contorno de interferencia al mecanizar piezas de trabajo sobre un husillo de pieza de trabajo de la máquina. Específicamente, es ventajoso que el primer y/o el segundo dispositivo de equilibrado tenga un contorno externo que se estrecha en dirección a la herramienta.
- Puede lograrse un resultado de equilibrado considerablemente mejorado si los dos árboles de husillo se sujetan axialmente a la herramienta de manera que una fuerza de compresión axial actúe sobre la herramienta en ambos lados. Para este propósito, el siguiente diseño es particularmente ventajoso: el segundo árbol de husillo presenta al menos una perforación axial. El cabezal de herramienta presenta, de manera correspondiente, al menos una varilla de tracción que se extiende a través de la perforación axial correspondiente del segundo árbol de husillo, en donde la varilla de tracción puede conectarse, en un primer extremo, al primer árbol de husillo. La varilla de tracción puede conectarse, en su segundo extremo, al segundo árbol de husillo de tal manera que puede generarse una fuerza de compresión axial sobre la herramienta, entre el primer árbol de husillo y el segundo árbol de husillo. Para este propósito, la herramienta también presenta al menos, de manera correspondiente, una perforación axial, de manera que la respectiva varilla de tracción pueda pasarse a través de la perforación correspondiente de la herramienta.
- Este tipo de sujeción axial crea una unidad formada por los dos árboles de husillo y la herramienta, la cual es particularmente resistente a torsión y flexión. La combinación de varilla de tracción y elemento de sujeción permite así una elevada fuerza de compresión axial entre la herramienta y los dos árboles de husillo. Como resultado, la unidad antes mencionada actúa como un solo árbol. Al mismo tiempo, este diseño puede ser muy compacto. Esto hace que este diseño sea particularmente adecuado para herramientas con un diámetro pequeño.
- Dicho diseño también es ventajoso cuando no existen dispositivos de equilibrado o cuando los dispositivos de equilibrado están configurados de manera diferente a lo arriba descrito. En este sentido, se divulga también un cabezal de herramienta para una máquina herramienta, en particular, para una máquina de corte de engranajes, pero que no entra dentro del alcance de protección de las reivindicaciones de esta patente, que presenta:
- una primera unidad de husillo con un primer árbol de husillo montado en la primera unidad de husillo de manera que puede girar alrededor de un eje de husillo de herramienta; y
  - una segunda unidad de husillo con un segundo árbol de husillo montado en la segunda unidad de husillo de manera que puede girar alrededor del eje de husillo de herramienta,
  - en donde la primera unidad de husillo y la segunda unidad de husillo están dispuestas de tal manera que una herramienta puede alojarse axialmente entre el primer árbol de husillo y el segundo árbol de husillo a fin de accionar la herramienta para que gire alrededor del eje de husillo de herramienta,
  - en donde el segundo árbol de husillo presenta al menos una perforación axial,
  - en donde el cabezal de herramienta presenta al menos una varilla de tracción que se extiende a través de la perforación axial del segundo árbol de husillo,
  - en donde la varilla de tracción puede conectarse, en un extremo, al primer árbol de husillo, y
  - en donde la varilla de tracción puede conectarse, en su otro extremo, al segundo árbol de husillo, de tal manera que puede generarse una fuerza de compresión axial sobre la herramienta, entre el primer árbol de husillo y el segundo árbol de husillo.
- A este respecto, es ventajoso si la primera unidad de husillo comprende al menos un primer cojinete de husillo, en donde el primer árbol de husillo está montado en el primer cojinete de husillo de manera que puede girar alrededor del eje de husillo de herramienta, y en donde el primer cojinete de husillo está configurado para absorber fuerzas tanto radiales como axiales, y si la segunda unidad de husillo comprende de manera correspondiente un segundo cojinete de husillo, en donde el segundo árbol de husillo está montado en el segundo cojinete de husillo de manera que puede

girar alrededor del eje de husillo de herramienta, y en donde el segundo cojinete de husillo está configurado para absorber fuerzas tanto radiales como axiales.

- 5 Preferentemente, existe exactamente una varilla de tracción que se extiende a través de una perforación axial central en el segundo árbol de husillo. De acuerdo con lo anterior, se prefiere que la herramienta también tenga una perforación axial central a través de la cual pueda pasarse la varilla de tracción.
- 10 En una realización particularmente simple, la varilla de tracción puede conectarse al primer árbol de husillo mediante su atornillado axial en el primer árbol de husillo. Para este propósito, pueden formarse roscas complementarias (roscas internas y externas) en el extremo correspondiente de la varilla de tracción y en el primer árbol de husillo. Sin embargo, también son concebibles otros tipos de conexión, por ejemplo, una conexión de tipo bayoneta. La varilla de tracción también puede extenderse a través de una perforación axial del primer árbol de husillo y puede estar provista en su extremo de, por ejemplo, una tuerca que tira del primer árbol de husillo en dirección a la herramienta.
- 15 15 Ventajosamente, la varilla de tracción puede estar provista, en su otro extremo libre, de un elemento de sujeción que forma una superficie de contacto anular, en donde la superficie de contacto anular se apoya contra el segundo árbol de husillo después de que la varilla de tracción se haya conectado al primer árbol de husillo y genera una fuerza de compresión axial sobre el segundo árbol de husillo con objeto de empujarlo en dirección al primer árbol de husillo. En el más simple de los casos, la varilla de tracción puede estar configurada para este propósito, por ejemplo, como un tornillo con una cabeza de tornillo. El tornillo puede entonces atornillarse en el primer árbol de husillo, y la cabeza de tornillo puede formar el elemento de sujeción. Se genera entonces la fuerza de sujeción axial simplemente mediante apretado del tornillo.
- 20 25 En otra forma de realización, también muy simple, la varilla de tracción está provista, en su extremo libre, de una rosca externa sobre la cual puede enroscarse una tuerca. En este caso, la tuerca forma el elemento de sujeción y la fuerza de compresión axial se genera de manera bastante simple mediante apretado de la tuerca.
- 30 35 Sin embargo, preferentemente, el cabezal de herramienta comprende un elemento de sujeción que puede conectarse de manera desmontable a la varilla de tracción y genera una fuerza de compresión que actúa preferentemente solo de manera axial, sin que un apretado del elemento de sujeción genere una componente de par de torsión alrededor del eje de husillo de herramienta. Para este propósito, el elemento de sujeción presenta un elemento de base que puede conectarse de manera rígida a la varilla de tracción, por ejemplo, a través de una conexión atornillada, a través de una bayoneta o a través de un casquillo de sujeción. El elemento de base puede tener una abertura de alojamiento central para alojar la varilla de tracción, o (si hay suficiente espacio disponible) un perno capaz de fijarse en una perforación axial de la varilla de tracción. El elemento de sujeción presenta además un elemento de empuje axial el cual es axialmente móvil, en particular, axialmente desplazable, con respecto al elemento de base, en dirección al segundo árbol de husillo con objeto de empujar el segundo árbol de husillo axialmente en dirección al primer árbol de husillo. El elemento de empuje axial puede ser, en particular, anular, y rodear la abertura de alojamiento central o el perno del elemento de base, en cuyo caso, el elemento de empuje axial también puede denominarse como "anillo de empuje". El elemento de empuje axial forma la superficie de contacto anular ya mencionada. El elemento de sujeción presenta además al menos un elemento de activación, en donde el elemento de activación es móvil en relación con el elemento de base a fin de mover axialmente el elemento de empuje axial en relación con el elemento de base. El elemento de activación puede ser, por ejemplo, un tornillo de empuje que puede atornillarse en el elemento de base, a lo largo de una dirección longitudinal o transversal. Tales elementos de sujeción se conocen *per se* a partir del estado de la técnica y se encuentran comercialmente disponibles en muchas variantes.
- 40 45 En algunas formas de realización, la transmisión de fuerza desde el elemento de activación hacia el elemento de empuje axial es puramente mecánica. Por ejemplo, los elementos de activación pueden ser una pluralidad de tornillos cilíndricos axialmente retenidos en el elemento de base y que pueden atornillarse en el elemento de empuje axial para desplazarlo axialmente en relación con el elemento de base. En otras formas de realización, una o más espigas roscadas, que son ajustables en el elemento de base en dirección al elemento de empuje axial a través de una conexión roscada, sirven como elementos de activación. En todavía otras formas de realización, el elemento de activación actúa, por ejemplo, sobre un engranaje que empuja hacia delante el elemento de empuje axial. Tales elementos de sujeción se encuentran disponibles, por ejemplo, con las denominaciones ESB, ESG o ESD de Enemac GmbH, Kleinwallstadt, Alemania.
- 50 55 En otras formas de realización, la transmisión de fuerza desde el elemento de activación hacia el elemento de empuje axial es hidráulica. Para este propósito, el elemento de activación puede estar configurado, por ejemplo, como un tornillo de empuje que genera una presión en un sistema hidráulico cuando se atornilla, actuando esta presión sobre el elemento de empuje axial. Tales elementos de sujeción se encuentran disponibles, por ejemplo, en Albert Schrem Werkzeugfabrik GmbH, Herbrechtingen, Alemania.
- 60 65 En lugar de generar la fuerza de compresión axial entre la varilla de tracción y el segundo árbol de husillo con un elemento de sujeción que permanece en la varilla de tracción durante el funcionamiento, también es concebible generar primero la fuerza de compresión con una herramienta de sujeción, fijar la conexión en el estado sujeto con una simple tuerca y volver a alejar posteriormente la herramienta de sujeción.

- Sin embargo, la herramienta también puede sujetarse entre el primer árbol de husillo y el segundo árbol de husillo en una manera diferente a una varilla de tracción continua, siempre y cuando dé como resultado una unidad firmemente sujetada formada por los dos ejes de husillo y la herramienta. Por lo tanto, son concebibles formas de realización en las cuales una primera varilla de tracción puede conectarse a la herramienta en un primer extremo, por ejemplo, atornillarse a la herramienta o conectarse a través de una conexión ahusada de fuste hueco. La primera varilla de tracción puede entonces extenderse a través de una perforación axial del primer árbol de husillo y puede conectarse en su segundo extremo al primer árbol de husillo, de tal manera que puede generarse una fuerza de compresión axial entre el primer árbol de husillo y la herramienta. Una segunda varilla de tracción puede disponerse en el lado opuesto de la herramienta. Esta segunda varilla de tracción puede conectarse, a su vez, a la herramienta en un primer extremo, por ejemplo, atornillarse a la herramienta o conectarse a través de una conexión ahusada de fuste hueco. La segunda varilla de tracción puede entonces extenderse a través de una perforación axial del segundo árbol de husillo y puede conectarse en su segundo extremo al segundo árbol de husillo, de tal manera que puede generarse una fuerza de compresión axial entre el segundo árbol de husillo y la herramienta.
- Con objeto de alojar la herramienta entre los árboles de husillo y poder transmitir un par de torsión a la herramienta, es ventajoso que una punta de husillo en el primer y/o el segundo árbol de husillo esté configurada de tal manera que pueda producirse una conexión no positiva y/o positiva con la herramienta en la respectiva punta de husillo mediante una fuerza de compresión axial que actúa entre la herramienta y la punta de husillo. Preferentemente, la conexión con la herramienta se hace a través de una conexión cónica, más preferentemente a través de una conexión cónica con contacto superficial. Por ejemplo, la conexión puede hacerse a través de una de las modalidades A, BF, BM, CF o CM, mencionadas en DIN ISO 666:2013-12.
- Es ventajoso a este respecto que las dos puntas de husillo estén configuradas de manera diferente, de tal modo que la herramienta solo pueda alojarse entre las puntas de husillo en una posición predeterminada. Por ejemplo, pueden ser diferentes los diámetros de las dos puntas de husillo.
- Con objeto de facilitar el cambio de herramienta, es ventajoso que la segunda unidad de husillo sea axialmente desplazable en relación con la primera unidad de husillo. Si ambas unidades de husillo se albergan en una carcasa de husillo común, esto puede lograrse con cojinetes de husillo para el segundo árbol de husillo que sean axialmente desplazables en relación con esta carcasa de husillo.
- La primera y/o la segunda unidad de husillo puede presentar un motor de accionamiento configurado para accionar el árbol de husillo correspondiente para que gire alrededor del eje de husillo de herramienta, accionando de este modo la herramienta. En algunas formas de realización, solo la primera unidad de husillo presenta un motor de accionamiento, y la segunda unidad de husillo forma un contrahusillo pasivo para la primera unidad de husillo, sin un motor de accionamiento propio. En otras formas de realización, la segunda unidad de husillo presenta también su propio motor de accionamiento. En particular, el motor de accionamiento respectivo puede ser un accionamiento directo.
- El cabezal de herramienta puede presentar además la herramienta antes mencionada, estando alojada axialmente la herramienta entre el primer árbol de husillo y el segundo árbol de husillo y preferentemente sujetada de manera axial. La herramienta puede ser una herramienta de rectificado, en particular, una herramienta para rectificado de engranajes. Más específicamente, la herramienta puede ser un tornillo sin fin de amolar o una rueda de amolar perfiles o comprender al menos un tornillo sin fin de amolar y/o al menos una rueda de amolar perfiles. La herramienta puede encontrarse en una pieza (por ejemplo, en la forma de un tornillo sin fin de amolar sin reavivado con un cuerpo de base de revestimiento duro, directamente alojado entre los árboles de husillo), o puede encontrarse en dos o más piezas (por ejemplo, en la forma de un tornillo sin fin de molado con reavivado o una herramienta de combinación con más de un cuerpo de amolado, estando el cuerpo o cuerpos de amolado retenidos en un alojamiento de herramienta separado y estando el alojamiento de herramienta alojado entre los árboles de husillo).
- La presente invención proporciona, además, una máquina herramienta que comprende un cabezal de herramienta del tipo arriba mencionado y al menos un husillo de pieza de trabajo para accionar una pieza de trabajo para que gire alrededor de un eje de pieza de trabajo. La máquina herramienta puede estar configurada como una máquina de corte de engranajes, en particular, como una máquina de rectificado de engranajes. Para este propósito, la máquina herramienta puede comprender un control de máquina configurado (en particular, adecuadamente programado) para hacer que la máquina mecanice dientes de engranaje de una pieza de trabajo alojada en el al menos un husillo de pieza de trabajo con la herramienta. En particular, el control de máquina puede estar configurado para hacer que la máquina mecanice los dientes de engranaje de la pieza de trabajo mediante rectificado de perfiles o rectificado por generación de engranajes. Para este propósito, el control de máquina puede estar configurado para establecer un acoplamiento generador adecuado entre el husillo de pieza de trabajo y el husillo de herramienta.
- Descripción de las figuras**
- Formas de realización preferidas de la invención se describen a continuación en relación con las figuras, las cuales se presentan exclusivamente para propósitos explicativos y no deben interpretarse de una manera limitante. En las

figuras, muestran:

- Fig. 1 un ejemplo de una máquina herramienta para mecanizado fino y duro de engranajes mediante rectificado por generación de engranajes en una vista en perspectiva, esquemática, con un cabezal de herramienta de acuerdo con una primera forma de realización;
- Fig. 2 el cabezal de herramienta de la primera forma de realización en una vista en perspectiva, esquemática;
- Fig. 3 el cabezal de herramienta de la primera forma de realización en una representación en sección, en perspectiva;
- Fig. 4 el cabezal de herramienta de la primera forma de realización en una representación en sección, mirando desde el frente, en contra la dirección X;
- Fig. 5 un diagrama de bloques esquemático que ilustra el control de los dispositivos de equilibrado en el cabezal de herramienta de la primera forma de realización;
- Fig. 6 un cabezal de herramienta de acuerdo con una segunda forma de realización, en una representación en sección, en perspectiva;
- Fig. 7 un cabezal de herramienta de acuerdo con una tercera forma de realización en una representación en sección, en perspectiva, junto con un husillo de pieza de trabajo;
- Fig. 8 una vista aumentada del área D en la Fig. 7;
- Fig. 9 una tuerca de sujeción en una sección longitudinal central; y
- Fig. 10 la tuerca de sujeción de la Fig. 9 en una vista en perspectiva.

## Descripción detallada de la invención

### Definiciones

**Máquina de corte de engranajes:** Una máquina configurada para crear o mecanizar dientes de engranaje en piezas de trabajo, en particular, dientes de engranajes de engranaje interno o externo. Por ejemplo, una máquina de corte de engranajes puede ser una máquina para mecanizado fino, con la cual se mecanizan piezas de trabajo pre dentadas, en particular, una máquina de mecanizado fino y duro con la cual se mecanizan piezas de trabajo pre dentadas después del endurecimiento. Una máquina de corte de engranajes presenta un control de máquina programado para controlar el mecanizado automático de los engranajes.

**Mecanizado de engranajes:** Un tipo de mecanizado de engranajes en el cual una herramienta gira sobre una pieza de trabajo, produciendo un movimiento de corte. Se conocen diversos procesos de mecanizado de engranajes, diferenciándose entre procesos con un borde de corte geométricamente indefinido, tal como el rectificado por generación de engranajes o el pulido de engranajes, y procesos con un borde de corte geométricamente definido, tal como el fresado de engranajes, el raspado de engranajes, el recortado de engranajes o el tallado de engranajes.

**Rectificado por generación de engranajes:** El proceso de rectificado por generación de engranajes es un proceso continuo por arranque de virutas con un borde de corte geométricamente indefinido para la producción de estructuras periódicas axialmente simétricas, en el que una rueda de amolar con un contorno externo perfilado en forma helicoidal ("tornillo sin fin de amolar"), se utiliza como la herramienta. La herramienta y la pieza de trabajo se alojan en husillos de rotación. Mediante el acoplamiento de los movimientos de rotación de la herramienta y la pieza de trabajo alrededor de los ejes de rotación, se realiza el movimiento de rodadura, típico del proceso. Este movimiento de rodadura y un movimiento de alimentación axial de la herramienta o la pieza de trabajo a lo largo del eje de pieza de trabajo generan un movimiento de corte.

**Unidad de husillo:** En la construcción de máquinas herramienta, un árbol giratorio sobre el cual puede sujetarse una herramienta o pieza de trabajo es normalmente denominado "husillo". Sin embargo, un ensamblaje que, además del árbol giratorio, incluye también los cojinetes de husillo asociados para sostener giratoriamente el árbol y la carcasa asociada, también se denomina con frecuencia como un "husillo". En el presente documento, el término "husillo" se utiliza en este sentido. El árbol por sí solo es denominado como "árbol de husillo". Un ensamblaje que comprende, además del árbol de husillo, al menos los cojinetes de husillo asociados, se denomina como una "unidad de husillo". Una "unidad de husillo" puede comprender su propia carcasa, pero también puede alojarse en una carcasa común junto con otra unidad de husillo.

**Cabezal de herramienta:** En el presente documento, el término "cabezal de herramienta" se refiere a un ensamblaje configurado para alojar una herramienta de mecanizado y accionarla en rotación. En particular, el cabezal de herramienta puede montarse en un cuerpo de pivote y/o en uno o más carros para alinear y colocar la herramienta en relación con una pieza de trabajo.

**Sistema de equilibrado anular:** Un sistema de equilibrado anular presenta dos anillos de equilibrado dispuestos de manera adyacente, los cuales rodean un árbol y son arrastrados por éste. Cada anillo de equilibrado tiene un desequilibrio adicional predeterminado, de igual magnitud. La orientación de los anillos de equilibrado alrededor del eje de rotación del árbol es ajustable. Si los desequilibrios adicionales de los dos anillos de equilibrado son diametralmente opuestos, sus efectos se cancelan entre sí. Si ambos desequilibrios adicionales tienen la misma posición angular, se logra la máxima capacidad de equilibrado. Al ajustar otros ángulos, el desequilibrio de corrección

resultante puede ajustarse libremente según magnitud y dirección dentro de estos límites.

Configuración de una máquina herramienta ejemplar

- 5 La Fig. 1 muestra un ejemplo de una máquina herramienta para mecanizado fino y duro de engranajes mediante rectificado por generación de engranajes. La máquina comprende una bancada de máquina 100 sobre la cual se dispone un portador de herramienta 200 de manera desplazable a lo largo de una dirección de entrada horizontal X. Un carro en Z 210 se dispone en el portador de herramienta 200 de manera desplazable a lo largo de una dirección vertical Z. El carro en Z 210 porta un cuerpo de pivote 220, el cual puede girar en relación con el carro en Z 210 alrededor de un eje de pivote horizontal A. El eje de pivote A es paralelo a la dirección de entrada X. Un cabezal de herramienta 300, mostrado solo de manera simbólica, se dispone en el cuerpo de pivote 220 y se describirá con mayor detalle a continuación.
- 10 Además, un portador de pieza de trabajo pivotante, en la forma de una torreta giratoria 400, se dispone sobre la bancada de máquina 100. La torreta giratoria 400 puede pivotar alrededor de un eje de pivote vertical C3 entre varias posiciones giratorias. Porta dos husillos de pieza de trabajo 500, en cada uno de los cuales puede sujetarse una pieza de trabajo 510. Cada uno de los husillos de pieza de trabajo 500 puede accionarse para girar alrededor de un eje de pieza de trabajo. En la Fig. 1, el eje de pieza de trabajo del husillo de pieza de trabajo 500 visible se designa como C2. El eje de pieza de trabajo del husillo de pieza de trabajo no visible en la Fig. 1 se designa como eje C1. Los dos husillos de pieza de trabajo se ubican en la torreta giratoria 400 en posiciones diametralmente opuestas (es decir, desplazadas 180° con respecto al eje de pivote C3). De este modo, uno de los dos husillos de pieza de trabajo puede cargarse y descargarse mientras una pieza de trabajo se está mecanizando en el otro husillo de pieza de trabajo. Esto evita en gran medida indeseables tiempos no productivos. Se conoce tal concepto de máquina, por ejemplo, a partir de WO 00/035621 A1.
- 15 25 La máquina tiene un control de máquina 700, mostrado solo de manera simbólica, que incluye una pluralidad de módulos de control 710 y un panel de mando 720. Cada uno de los módulos de control 710 controla un eje de máquina y/o recibe señales de sensores.
- 30 Cabezal de herramienta de acuerdo con una primera forma de realización

- 35 Las Figs. 2 a 4 ilustran un cabezal de herramienta de acuerdo con una primera forma de realización. El cabezal de herramienta comprende una base 310 que está conectada de manera rígida al cuerpo pivote 220. Una guía lineal 311 está formada sobre la base 310. Una primera unidad de husillo 320 y una segunda unidad de husillo 330 se guían de manera desplazable a lo largo de una dirección de desplazamiento Y sobre la guía lineal 311. Para este propósito, las unidades de husillo tienen, cada una, correspondientes zapatas guía 326, 336. La dirección de desplazamiento Y es perpendicular al eje X y discurre en un ángulo respecto al eje Z, que es ajustable alrededor del eje A. Un cabezal de herramienta 340 se sostiene entre las unidades de husillo 320, 330.
- 40 45 La segunda unidad de husillo 320 y la primera unidad de husillo 330 pueden acoplarse entre sí después de que la herramienta 340 se haya alojado entre ellas. Cuando se acoplan, pueden moverse en conjunto a lo largo de la dirección de desplazamiento Y mediante un motor de desplazamiento no mostrado en la figura y un husillo de bolas 312 para cambiar el área de herramienta que se encuentra en engrane con una pieza de trabajo 510 en el eje C1, a lo largo del eje de herramienta.

Configuración de las unidades de husillo

- 50 Las Figs. 3 y 4 ilustran la configuración de las unidades de husillo 320, 330 con mayor detalle.
- 55 60 En el presente ejemplo, la unidad de husillo 320 es un husillo motorizado que tiene un motor de accionamiento 324 que acciona directamente un primer árbol de husillo 322 para que gire alrededor de un eje de husillo de herramienta B. El eje de husillo de herramienta B es paralelo a la dirección de desplazamiento Y.
- 65 El primer árbol de husillo 322 está montado en la carcasa de husillo 321 de la primera unidad de husillo 320, en tres ubicaciones de cojinete en cojinetes de husillo 323, 323', 323". Las ubicaciones de cojinete se ubican en diferentes posiciones axiales a lo largo del primer árbol de husillo 322. Dos de estas ubicaciones de cojinete se ubican entre el motor de accionamiento 324 y el extremo del lado de la herramienta de la primera unidad de husillo 320. Los correspondientes cojinetes de husillo 323, 323' forman un cojinete fijo-flotante o un cojinete de soporte, es decir, en al menos una de estas ubicaciones de cojinete los cojinetes de husillo pueden absorber fuerzas tanto radiales como axiales. Una ubicación de cojinete adicional se ubica en el lado del motor de accionamiento 324 que se orienta opuesto a la herramienta. El cojinete de husillo 323" dispuesto en esta ubicación de cojinete se configura como un cojinete flotante, es decir, que absorbe fuerzas radiales, pero permite movimientos axiales.

- 65 Cada una de las tres ubicaciones de cojinete define un plano de apoyo radial. Cada uno de los planos de apoyo es ortogonal al eje de husillo de herramienta B. En la Fig. 4, el plano de apoyo para la ubicación de cojinete más próxima al extremo del lado de la herramienta del primer árbol de husillo 322 se dibuja como el primer plano de apoyo L1. El

correspondiente cojinete de husillo próximo a la herramienta es el cojinete de husillo 323.

En el presente ejemplo, la segunda unidad de husillo 330 es un contrahuillo no accionado. La segunda unidad de husillo 330 tiene un segundo árbol de husillo 332, el cual está montado en la carcasa de husillo 331 de la segunda unidad de husillo 330 en dos ubicaciones de cojinete a lo largo del árbol de husillo, en cojinetes de husillo 333, 333'. Estos cojinetes de husillo pueden ser cojinetes fijos o cojinetes flotantes, dependiendo de la modalidad. Cada una de las dos ubicaciones de cojinete define, a su vez, un plano de apoyo radial. En la Fig. 4, el plano de apoyo para la ubicación de cojinete más próxima al extremo del lado de la herramienta del segundo árbol de husillo 332, se dibuja como el segundo plano de apoyo L2. El correspondiente cojinete de husillo próximo a la herramienta es el cojinete de husillo 333.

#### *Sujeción axial de la herramienta*

En el presente ejemplo, la herramienta 340 tiene un alojamiento de herramienta 341 que porta un cuerpo abrasivo 342, con reavivado, perfilado de forma helicoidal. En el presente ejemplo, el alojamiento de herramienta 341 está formado como una brida de alojamiento para el cuerpo abrasivo de acuerdo con DIN ISO 666:2013-12. Para la conexión a los árboles de husillo 322, 332, el alojamiento de herramienta 341 tiene un alojamiento cónico con contacto superficial en cada extremo, por ejemplo, un alojamiento cónico corto 1:4 según DIN ISO 702-1:2010-04.

Unas puntas de husillo 325, 335 opuestas están formadas en los extremos del lado de la herramienta de los árboles de husillo 322, 332. La forma de las puntas de husillo 324, 325 es complementaria a la forma de los alojamientos cónicos del alojamiento de herramienta 341. Cada una tiene una forma cónicamente ahusada que señala hacia la herramienta 340 y una superficie de contacto plano en su respectiva superficie frontal. Por ejemplo, cada punta de husillo puede formarse como un fuste cónico 1:4 según DIN ISO 702-1:2010-04.

Por lo tanto, existe en cada caso una conexión cónica con un contacto plano entre la herramienta 340 y los árboles de husillo 322, 332. Las conexiones cónicas pueden tener diferentes diámetros en los dos extremos de la herramienta para asegurar que la herramienta 340 solo pueda alojarse en la orientación correcta entre los árboles de husillo 322, 332.

La herramienta 340 se sujetó axialmente entre los árboles de husillo 322, 332 mediante una varilla de tracción 370 y una tuerca de sujeción 372. Para este fin, la herramienta 340 y el segundo árbol de husillo 332 tienen, cada uno, una perforación axial central que se extiende a través de los mismos. En su extremo del lado de la herramienta, el primer árbol de husillo 322 también tiene una perforación axial central. Esta perforación no es continua en el presente ejemplo.

Se encuentra abierta en el lado de la herramienta y está formada una rosca interna en la perforación. La varilla de tracción 370 se inserta a través de las perforaciones centrales del árbol de husillo 332 y de la herramienta 340. En su extremo que señala a la primera unidad de husillo 320, la varilla de tracción 370 tiene una rosca externa que se enrosca en la rosca interna del primer árbol de husillo 322. En su otro extremo, también tiene una rosca externa. La tuerca de sujeción 372 se enrosca en esta rosca externa. Al apretar la tuerca de sujeción 372, la tuerca de sujeción 372 ejerce una presión axial sobre el segundo árbol de husillo 332 en dirección a la herramienta 340. Esto provoca que la herramienta 340 se sujete axialmente entre los ejes de husillo 322, 332. El resultado es un solo árbol continuo con elevada rigidez.

#### *Dispositivos de equilibrado*

Una primera unidad de equilibrado 350 se dispone en el primer árbol de husillo 322 en la región axial entre la carcasa 321 de la primera unidad de husillo 320 y la herramienta 340. Una segunda unidad de equilibrado 360 se dispone en el segundo árbol de husillo 332, axialmente entre la carcasa 331 de la segunda unidad de husillo 330 y la herramienta 340. Las unidades de equilibrado 350, 360 rodean los respectivos árboles de husillo 322, 332 fuera de la carcasa de las respectivas unidades de husillo 320, 330. Cada una comprende una carcasa que se estrecha desde la unidad de husillo asociada en dirección a la herramienta 340. El contorno externo, que se estrecha, de las unidades de equilibrado 350, 360 reduce el riesgo de colisión entre las unidades de equilibrado y una pieza de trabajo 510.

Cada una de las unidades de equilibrado 350, 360 está configurada como un sistema de equilibrado anular. Para este propósito, cada una de las unidades de equilibrado 350, 360 tiene un rotor con dos anillos de equilibrado que rodean el respectivo árbol de husillo y son arrastrados por éste. Cada una de las unidades de equilibrado 350, 360 también tiene un estator. Este último se conecta a la respectiva carcasa de husillo 321, 331. Por un lado, el estator comprende sensores para detectar vibraciones de la respectiva carcasa de husillo, la velocidad giratoria del respectivo eje de husillo y la posición angular de cada anillo de equilibrado. Por el otro lado, el estator incluye un actuador con una disposición de bobina para cambiar la posición angular de los anillos de equilibrado en el respectivo árbol de husillo sin contacto.

La primera unidad de equilibrado 350 define un primer plano de equilibrado E1 en el cual se disponen los anillos de equilibrado de esta unidad de equilibrado. El primer plano de equilibrado E1 es ortogonal al eje de husillo de herramienta B. Discurre paralelo al primer plano de apoyo L1 y a un plano de centro de gravedad radial de la herramienta 340. Con respecto al eje de husillo de herramienta B, el primer plano de equilibrado E1 se ubica entre el

plano de centro de gravedad M y el primer plano de apoyo L1, fuera de la primera carcasa de husillo 321.

De manera correspondiente, la segunda unidad de equilibrado 360 define un segundo plano de equilibrado E2 en el cual se disponen los anillos de equilibrado de esta unidad de equilibrado. Este plano de equilibrado se ubica entre el 5 plano de centro de gravedad M y el segundo plano de apoyo L2, fuera de la segunda carcasa de husillo 331.

#### Equilibrado automático en dos planos

10 La Fig. 5 ilustra, de una manera muy esquemática, un sistema para equilibrado automático en dos planos E1, E2. Los sensores de vibración 351, 361 y los actuadores 352, 362 de las dos unidades de equilibrado 350, 360 interactúan con un dispositivo de control 730. El dispositivo de control 730 puede integrarse en el control de máquina 700 o puede configurarse por separado. Por medio del dispositivo de control 730, las posiciones angulares de los anillos de equilibrado de ambas unidades de equilibrado 350, 360 se calculan automáticamente y se ajustan de tal manera que los 15 desequilibrios de corrección 353, 363 resultantes compensan el desequilibrio estático y dinámico del sistema formado por la herramienta 340 y los árboles de husillo 322, 332 sujetos a la misma y, de acuerdo con lo anterior, se reducen las vibraciones de las carcassas de husillo 321, 331. De este modo, el sistema se equilibra en los dos planos de equilibrado E1, E2.

20 Los sistemas de equilibrado anular con un dispositivo de control para el equilibrado automático en dos planos se conocen *per se* y se encuentran comercialmente disponibles a partir de diversos proveedores. Un ejemplo es el sistema de equilibrado anular electromagnético AB 9000 de Hofmann Messund Auswuchttechnik GmbH & Co KG, Pfungstadt, Alemania.

#### Carcasa de husillo común

25 En la Fig. 6, se ilustra un cabezal de herramienta 300' de acuerdo con una segunda forma de realización. Los componentes que son iguales o actúan del mismo modo que en las formas de realización primera y segunda están provistos de los mismos signos de referencia que en las Figs. 2 a 5.

30 El cabezal de herramienta 300' de la segunda forma de realización difiere del cabezal de herramienta 300 de la primera forma de realización en que las dos unidades de husillo 320, 330 están alojadas en una carcasa de husillo común 380. Esta última es guiado por zapatas guía 386 sobre la guía lineal 311, a lo largo de la dirección de desplazamiento Y.

35 Para el cambio de herramienta, la segunda unidad de husillo 330 se retrae axialmente con respecto a la carcasa de husillo 380. Para este propósito, los cojinetes de husillo 333 de la segunda unidad de husillo están alojados en un alojamiento de cojinete 391. En el presente ejemplo, el alojamiento de cojinete 391 es un casquillo de cojinete, el cual puede ser, por ejemplo, un casquillo de cojinete plano o un casquillo de cojinete de bola. El alojamiento de cojinete 391 se guía en la carcasa de husillo 380 de manera axialmente desplazable.

40 El rotor 361 de la segunda unidad de equilibrado 360 es axialmente desplazable con respecto al estator 362 de esta unidad de equilibrado. El diámetro externo del rotor 361 es menor que el diámetro interno de la región de la carcasa de husillo 380 en la cual se guía el alojamiento de cojinete 391. Cuando la segunda unidad de husillo 330 se retrae axialmente de la carcasa de husillo 380, arrastra consigo el rotor 361 de la segunda unidad de equilibrado 360 en la dirección axial, de modo que este se retraga hacia el interior de la carcasa de husillo 380 junto con la segunda unidad 45 de husillo 330. En cambio, el estator 362 de la segunda unidad de equilibrado 360 está fijo en la carcasa de husillo 380 y permanece inmóvil durante la retracción de la segunda unidad de husillo 330.

50 Alternativamente, también es concebible disponer la segunda unidad de equilibrado 360 de tal manera que la segunda unidad de equilibrado 360, por entero, es decir, tanto el rotor 361 como el estator 362, puedan retractarse en conjunto con la segunda unidad de husillo 330, con objeto de cambiar la herramienta.

#### Accionamiento doble

55 Las Figs. 7 y 8 ilustran un cabezal de herramienta 300" de acuerdo con una tercera forma de realización. Los componentes que son iguales o tienen el mismo efecto que en las formas de realización primera y segunda están provistos de los mismos signos de referencia que en las Figs. 2 a 6.

60 El cabezal de herramienta 300" de la tercera forma de realización difiere del cabezal de herramienta 300 de la primera forma de realización en que la segunda unidad de husillo 330 está configurada también como un husillo motorizado, con un segundo motor de accionamiento 334. Preferentemente, el segundo motor de accionamiento 334 está dimensionado de menor tamaño que el primer motor de accionamiento 324, a fin de que genere menos de la mitad del par de torsión total sobre la herramienta 340, por ejemplo, entre el 35 % y el 45 % del par de torsión total. Esta distribución asimétrica de la generación de par de torsión entre los dos motores de accionamiento 324, 334 evita resonancias perturbadoras.

65

#### Tuerca de sujeción

Las Figs. 9 y 10 ilustran una tuerca de sujeción 372 ejemplar, tal como puede utilizarse en las formas de realización arriba descritas.

- 5 La tuerca de sujeción 372 presenta un elemento de base 373 que define una perforación central que tiene una rosca interna para enroscar el elemento de base 373 sobre una varilla de tracción que tiene una rosca externa correspondiente. En un extremo, el elemento de base 373 se forma externamente a modo de una tuerca de cabeza hexagonal. Un anillo de soporte 374 se monta sobre el elemento de base 373. Este descansa contra un collar del elemento de base 373, de tal manera que se impide su movimiento axial en una dirección (hacia la izquierda en la Fig. 9). Además, un elemento de empuje axial 375 anular se guía axialmente de manera desplazable sobre el elemento de base 373. Una pluralidad de elementos de activación 376 en la forma de tornillos de empuje se atornillan en el elemento de empuje axial 375 y se sostienen axialmente sobre el anillo de soporte 374 de tal manera que se impide su movimiento axial a lo largo de una dirección (hacia la izquierda en la Fig. 9). Al desatornillar los tornillos de empuje del elemento de empuje axial 375, el elemento de empuje axial 375 se empuja hacia delante con respecto al elemento de base 373, a lo largo de la dirección opuesta a la dirección de soporte (hacia la derecha en la Fig. 9).

Con objeto de sujetar una herramienta 340 entre los dos árboles de husillo 322, 332, el elemento de empuje axial 375 se mueve primero completamente de regreso con respecto al elemento de base 373 mediante atornillado de los tornillos de empuje tanto como sea posible hacia el interior del elemento de empuje axial 375. Ahora, la tuerca de sujeción 372 se enrosca en la varilla de tracción 370 y, con la ayuda del hexágono formado de manera externa del elemento de base 373, se ajusta contra el segundo árbol de husillo 332. Esto se realiza con un par de torsión relativamente bajo. Posteriormente, con la ayuda de los tornillos de empuje, el elemento de empuje axial 375 anular se empuja hacia adelante, de una manera controlada, en dirección al segundo árbol de husillo 332, hasta que la fuerza de sujeción deseada actúe sobre la herramienta 340. De este modo, el elemento de empuje axial 375 se sostiene contra el segundo árbol de husillo 332 con una superficie de contacto anular.

Por supuesto, también pueden utilizarse otros diseños de una tuerca de sujeción, según se conocen *per se* a partir del estado de la técnica. Por ejemplo, la transmisión de fuerza puede efectuarse en una manera diferente a la ilustrada. En particular, puede utilizarse una tuerca de sujeción hidráulica.

30 En lugar de una tuerca de sujeción con rosca interna, también puede utilizarse un elemento de sujeción que pueda conectarse a la varilla de tracción de una manera diferente, a través de una conexión roscada, por ejemplo, a través de una bayoneta o a través de un casquillo de sujeción.

### 35 Otras variaciones

La interfaz entre los árboles de husillo 322, 332 y la herramienta 340 puede formarse también de manera diferente a las formas de realización arriba descritas. En particular, puede utilizarse un tipo diferente de conexión cónica. Puede utilizarse cualquier conexión cónica conocida, por ejemplo, las modalidades A, BF, BM, CF o CM mencionadas en DIN ISO 666:2013-12. Para más detalles se remite a DIN ISO 666:2013-12 y a las otras normas aquí mencionadas DIN EN ISO 1119:2012-04, DIN ISO 702-1:2010-04, ISO 12164-1:2001-12 e ISO 12164-2:2001-12.

45 En todas las formas de realización, la varilla de tracción 370 puede extenderse a través del primer árbol de husillo 322 en lugar de a través del segundo árbol de husillo 332 y puede conectarse en su extremo al segundo árbol de husillo 332. De manera correspondiente, el elemento de sujeción ejerce entonces una fuerza axial sobre el primer árbol de husillo en dirección al segundo árbol de husillo.

50 Con objeto de sujetar la herramienta 340 de manera axial entre el primer árbol de husillo 322 y el segundo árbol de husillo 332, en lugar de una varilla de tracción central o además de la misma, pueden utilizarse dos o más varillas de tracción que se extienden paralelas entre sí y están distanciadas radialmente del eje de husillo de herramienta B y se disponen en diferentes posiciones angulares en relación con el eje de husillo de herramienta B.

55 La fijación de la herramienta entre el primer árbol de husillo y el segundo árbol de husillo también puede llevarse a cabo en una manera diferente al caso con una varilla de tracción continua, por ejemplo, con sistemas de sujeción dispuestos en el interior del respectivo árbol de husillo. Para este propósito, la conexión entre la herramienta y los árboles de husillo puede hacerse, por ejemplo, por medio de conexiones ahusadas de fuste hueco según ISO 12164-1:2001-12 e ISO 12164-2:2001-12.

60 La herramienta puede estar configurada de manera diferente a las formas de realización arriba explicadas. En particular, la herramienta puede estar configurada en una pieza. Por ejemplo, la herramienta puede ser un tornillo sin fin para amolar de CBN, sin reavivado, cuyo recubrimiento de CBN se aplica directamente sobre un cuerpo de base de la herramienta. Las interfaces con las puntas de husillo 325, 335 se forman entonces directamente en el cuerpo de base de la herramienta, en lugar de en un portador de herramienta separado. La herramienta no tiene que ser necesariamente un tornillo sin fin. También puede tratarse, por ejemplo, de una rueda de amolar perfiles, una combinación de dos o más ruedas de amolar perfiles o una combinación de uno o más tornillos sin fin y una o más ruedas de amolar perfiles.

En las formas de realización arriba descritas, los cojinetes de husillo 323 son rodamientos. En su lugar, pueden utilizarse otros tipos de cojinetes de husillo, tales como cojinetes hidrostáticos, hidrodinámicos o aerodinámicos, según se conoce *per se* en el estado de la técnica.

- 5 En las formas de realización arriba descritas, se utilizan motores directos como motores de accionamiento. En su lugar, también es concebible utilizar motorreductores.
- 10 Aunque preferentemente se utilizan sistemas de equilibrado anular como dispositivos de equilibrado, también son concebibles otros tipos de dispositivos de equilibrado, por ejemplo, sistemas de hidroequilibrado, conocidos *per se* a partir del estado de la técnica. En tales sistemas de equilibrado, el equilibrado se lleva a cabo mediante inyección de un fluido en cámaras de equilibrado que se distribuyen en la dirección circunferencial.

## LISTA DE SIGNOS DE REFERENCIA

100	bancada de máquina
200	portador de herramienta
210	carro en Z
220	cuerpo de pivot
300, 300', 300"	cabezal de herramienta
310	base
311	guía lineal
312	husillo de bolas
320	primera unidad de husillo
321	primera carcasa de husillo
322	primer árbol de husillo
323, 323', 323"	primer cojinete de husillo
324	primer motor de accionamiento
325	primera punta de husillo
326	zapata guía
330	segunda unidad de husillo
321	segunda carcasa de husillo
332	segundo árbol de husillo
333, 333'	segundo cojinete de husillo
334	segundo motor de accionamiento
335	segunda punta de husillo
336	zapata guía
340	herramienta
341	alojamiento de herramienta
342	cuerpo abrasivo
350	primer dispositivo de equilibrado
351	sensor de vibración
352	actuador
360	segundo dispositivo de equilibrado
361	sensor de vibración
362	actuador
370	varilla de tracción
372	tuerca de sujeción
373	elemento de base
374	anillo de soporte
375	elemento de empuje axial
376	elemento de activación
380	carcasa de husillo común
386	zapata guía
387	alojamiento de cojinete
400	torreta giratoria
500	husillo de pieza de trabajo
510	pieza de trabajo
700	control de máquina
710	módulo de control
720	panel de mando
730	dispositivo de control
X, Y, Z	eje lineal
A	eje de pivot

## ES 2 992 992 T3

B	eje de herramienta
C1, C2	eje de pieza de trabajo
C3	eje de pivote de la torreta
E1, E2	plano de equilibrado
L1, L2	plano de apoyo

## REIVINDICACIONES

1. Cabezal de herramienta (300) para una máquina herramienta, en particular, para una máquina de corte de engranajes, que presenta:
- 5       una primera unidad de husillo (320) con un primer árbol de husillo (322) montado en la primera unidad de husillo (320) de manera que puede girar alrededor de un eje de husillo de herramienta (B);  
10      un primer dispositivo de equilibrado (350) asociado con la primera unidad de husillo (320);  
      una segunda unidad de husillo (330) con un segundo árbol de husillo (332) montado en la segunda unidad de husillo (330) de manera que puede girar alrededor del eje de husillo de herramienta (B); y  
15      un segundo dispositivo de equilibrado (360) asociado con la segunda unidad de husillo (330),  
      en donde la primera unidad de husillo (320) y la segunda unidad de husillo (330) están dispuestas de manera coaxial una con respecto a la otra, de tal manera que puede alojarse una herramienta (340) axialmente entre el primer árbol de husillo (322) y el segundo árbol de husillo (332);  
**caracterizado por que**  
      el primer dispositivo de equilibrado (350) rodea radialmente el primer árbol de husillo (322) y está dispuesto axialmente entre un cojinete de husillo (323) del lado de la herramienta de la primera unidad de husillo (320) y un extremo del lado de la herramienta del primer árbol de husillo (322); y/o  
20      **por que** el segundo dispositivo de equilibrado (360)  
      rodea radialmente el segundo árbol de husillo (332) y está dispuesto axialmente entre un cojinete de husillo (333) del lado de la herramienta de la segunda unidad de husillo (330) y un extremo del lado de la herramienta del segundo árbol de husillo (332).
- 25      2. Cabezal de herramienta (300) según la reivindicación 1, en donde la herramienta (340) puede sujetarse entre el primer árbol de husillo (322) y el segundo árbol de husillo (332) de tal manera que una fuerza de compresión axial actúa sobre la herramienta (340), entre el primer árbol de husillo (322) y el segundo árbol de husillo (332).
- 30      3. Cabezal de herramienta (300) según la reivindicación 2,  
      en donde el segundo árbol de husillo (332) presenta al menos una perforación axial;  
      en donde el cabezal de herramienta (300) presenta al menos una varilla de tracción (370) que se extiende a través de la perforación axial del segundo árbol de husillo (332), pudiendo conectarse la varilla de tracción (370),  
35      en un primer extremo, al primer árbol de husillo (322); y  
      en donde la varilla de tracción (370) puede conectarse, en un segundo extremo, al segundo árbol de husillo (332), de tal manera que puede generarse una fuerza de compresión axial sobre la herramienta (340), entre el primer árbol de husillo (322) y el segundo árbol de husillo (332).
- 40      4. Cabezal de herramienta según la reivindicación 3,  
      en donde el cabezal de herramienta (300) presenta un elemento de sujeción (372) que puede conectarse a la varilla de tracción (370) en su segundo extremo y está configurado para empujar axialmente el segundo árbol de husillo (332) hacia el primer árbol de husillo (322),  
      en donde el elemento de sujeción preferentemente presenta:
- 45      un elemento de base (373) que puede conectarse de manera rígida a la varilla de tracción (370);  
      un elemento de empuje axial (375) axialmente móvil con respecto al elemento de base (373) en dirección al segundo árbol de husillo (332) para empujar al segundo árbol de husillo (332) axialmente hacia el primer árbol de husillo (322); y  
50      al menos un elemento de activación (376), en donde el elemento de activación (376) es móvil en relación con el elemento de base (373) para mover axialmente el elemento de presión axial (375) en relación con el elemento de base (373).
- 55      5. Cabezal de herramienta (300) según una de las reivindicaciones precedentes,  
      en donde una primera punta de husillo (325) en el extremo del lado de la herramienta del primer árbol de husillo (322) está configurada de tal manera que puede producirse una conexión no positiva y/o positiva con la herramienta (340), en la primera punta de husillo (325), por medio de una fuerza de compresión axial, en particular, una conexión cónica, preferentemente una conexión cónica con contacto superficial; y  
60      en donde una segunda punta de husillo (335) en el extremo del lado de la herramienta del segundo árbol de husillo (332) está configurada de tal manera que puede producirse una conexión no positiva y/o positiva con la herramienta (340), en la segunda punta de husillo (335), mediante una fuerza de compresión axial, en particular, una conexión cónica, preferentemente una conexión cónica con contacto superficial.
- 65      6. Cabezal de herramienta (300) según la reivindicación 5,  
      en donde la primera punta de husillo (325) y la segunda punta de husillo (335) están configuradas de manera diferente,

de tal manera que la herramienta (340) solo puede alojarse en una posición predeterminada entre las puntas de husillo (325, 335).

7. Cabezal de herramienta (300) según una de las reivindicaciones precedentes,

- 5 en donde el primer cojinete de husillo (323) del lado de la herramienta define un primer plano de apoyo (L1), perpendicular al eje de husillo de herramienta (B);
- en donde el segundo cojinete de husillo (333) del lado de la herramienta define un segundo plano de apoyo (L2), perpendicular al eje de husillo de herramienta (B);
- 10 en donde el primer dispositivo de equilibrado (350) define un primer plano de equilibrado (E1), perpendicular al eje de husillo de herramienta (B);
- en donde el segundo dispositivo de equilibrado (360) define un segundo plano de equilibrado (E2), perpendicular al eje de husillo de herramienta (B); y
- 15 en donde el primer plano de equilibrado (E1) se dispone entre el primer plano de apoyo (L1) y el segundo plano de equilibrado (E2) y/o el segundo plano de equilibrado (E2) se dispone entre el segundo plano de apoyo (L2) y el primer plano de equilibrado (E1).

8. Cabezal de herramienta (300) según una de las reivindicaciones precedentes, en donde el primer y/o el segundo dispositivo de equilibrado (350, 360) está configurado como un sistema de equilibrado anular.

- 20 9. Cabezal de herramienta (300) según una de las reivindicaciones precedentes, en donde el primer y/o el segundo dispositivo de equilibrado (350, 360) comprende al menos un actuador (352, 362) para un ajuste por control numérico de un desequilibrio de corrección (353, 363) del dispositivo de equilibrado (350, 360) en cuestión.

- 25 10. Cabezal de herramienta (300) según una de las reivindicaciones precedentes, que presenta al menos un sensor de vibración (351, 361) para detectar vibraciones provocadas por un desequilibrio en el cabezal de herramienta (300),

- 30 en donde el cabezal de herramienta (300) tiene asociado un dispositivo de control (730) configurado para detectar señales provenientes del al menos un sensor de vibración (351, 361) y para controlar actuadores (352, 362) en el primer y el segundo dispositivo de equilibrado (350, 360) con el fin de ajustar el primer y el segundo dispositivo de equilibrado (350, 360) en función de las señales detectadas, de tal manera que se reduzca el desequilibrio, en donde el dispositivo de control (730) está configurado preferentemente para llevar a cabo un equilibrado automático en dos planos.

- 35 11. Cabezal de herramienta (300) según una de las reivindicaciones precedentes,

- 40 en donde la primera unidad de husillo (320) presenta una primera carcasa (321) y la segunda unidad de husillo (330) presenta una segunda carcasa (331), y en donde el primer y/o el segundo dispositivo de equilibrado (350, 360) está dispuesto fuera de la primera y la segunda carcasa (321, 331), o
- en donde las unidades de husillo, primera y segunda, (320, 330) presentan una carcasa de husillo común (380), y en donde el primer y/o el segundo dispositivo de equilibrado (350, 360) está dispuesto fuera de la carcasa de husillo común (380).

- 45 12. Cabezal de herramienta (300) según la reivindicación 11, en donde el primer y/o el segundo dispositivo de equilibrado (350, 360) presenta un contorno externo que se estrecha en dirección a la herramienta (340).

13. Cabezal de herramienta (300) según una de las reivindicaciones precedentes,

- 50 en donde la primera unidad de husillo (320) presenta un primer motor de accionamiento (324) configurado para accionar el primer árbol de husillo (322) para que gire alrededor del eje de husillo de herramienta (B); y/o en donde la segunda unidad de husillo (330) presenta un segundo motor de accionamiento (334) configurado para accionar el segundo árbol de husillo (332) para que gire alrededor del eje de husillo de herramienta (B).

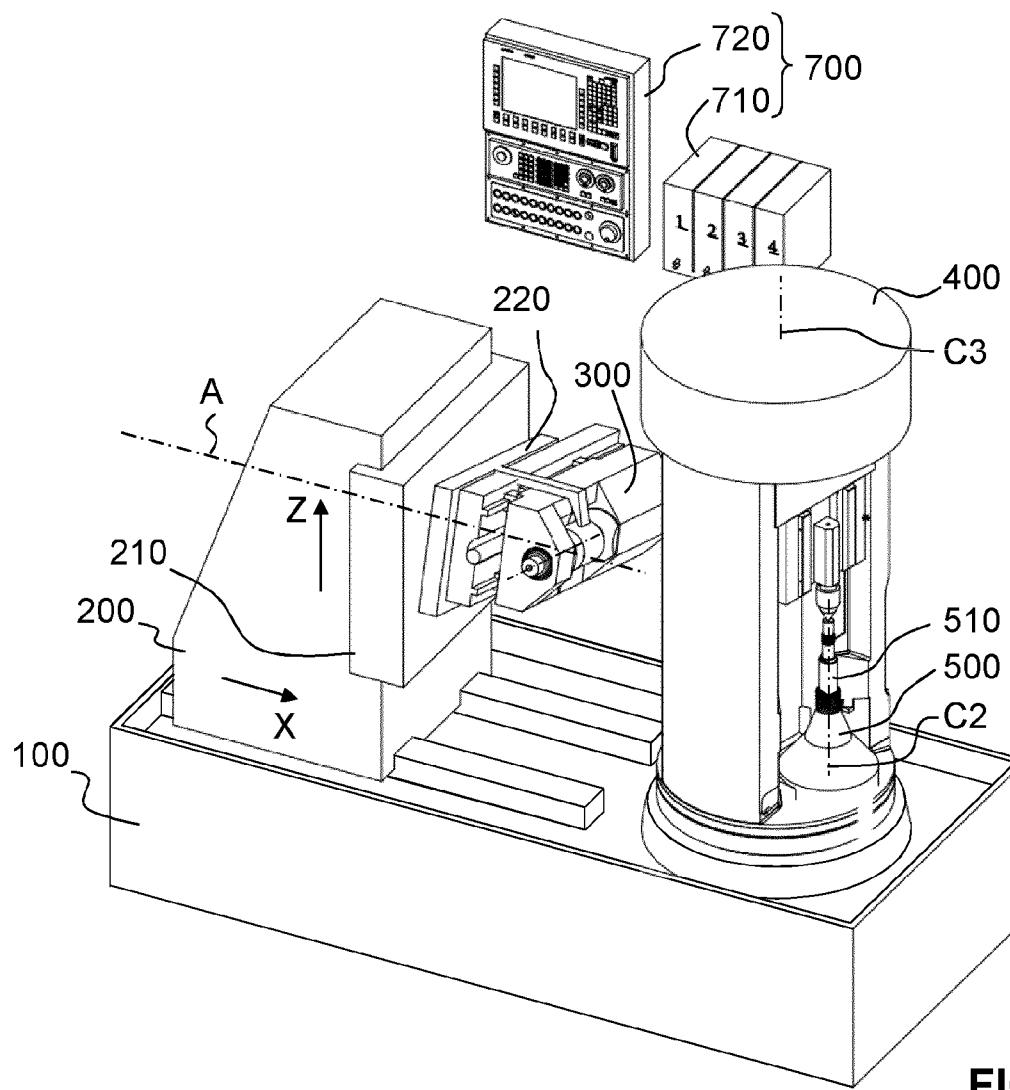
- 55 14. El cabezal de herramienta (300) según una de las reivindicaciones precedentes, que presenta además una herramienta (340), en particular, una herramienta de rectificado, preferentemente una herramienta de rectificado para el rectificado de engranajes, la cual se sujetó axialmente entre el primer árbol de husillo (322) y el segundo árbol de husillo (332), de tal manera que una fuerza de compresión axial actúa sobre la herramienta (340), entre el primer árbol de husillo (322) y el segundo árbol de husillo (332).

- 60 15. Máquina herramienta, que presenta:

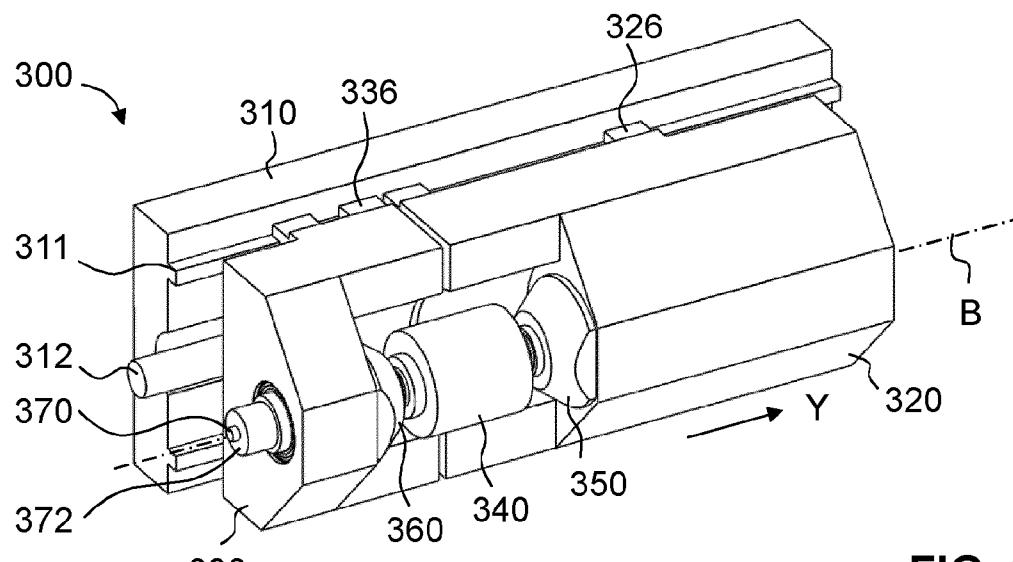
- 65 un cabezal de herramienta (300) según una de las reivindicaciones precedentes; y
- al menos un husillo de pieza de trabajo (500) para accionar una pieza de trabajo (510) para que gire alrededor de un eje de pieza de trabajo (C1),
- en donde la máquina herramienta es preferentemente una máquina de corte de engranajes, en particular, una

## ES 2 992 992 T3

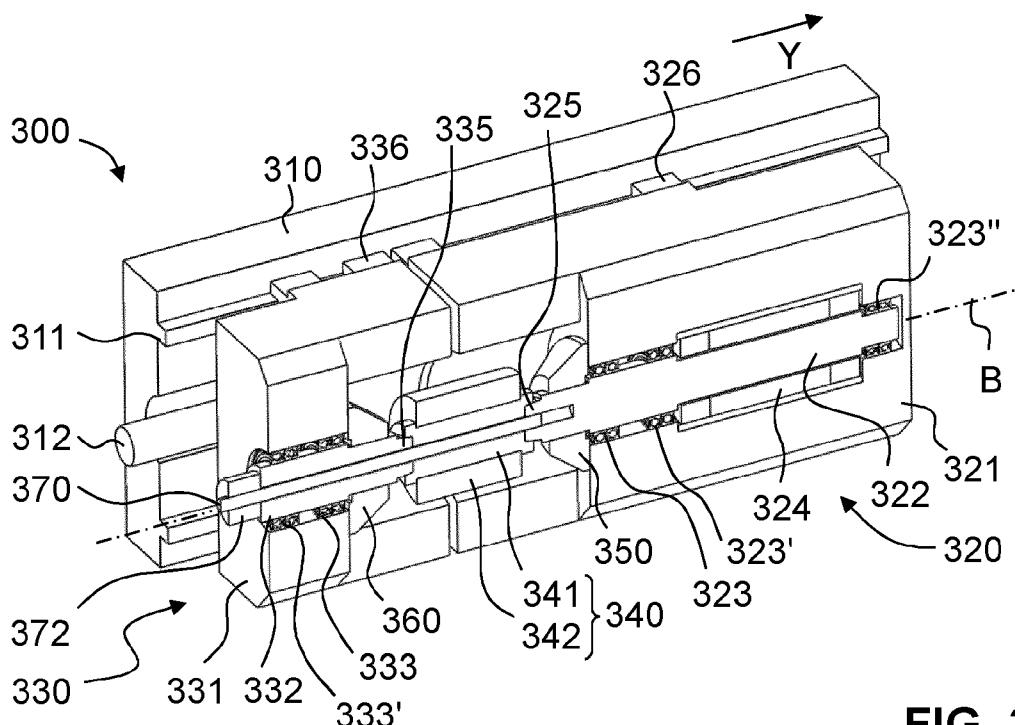
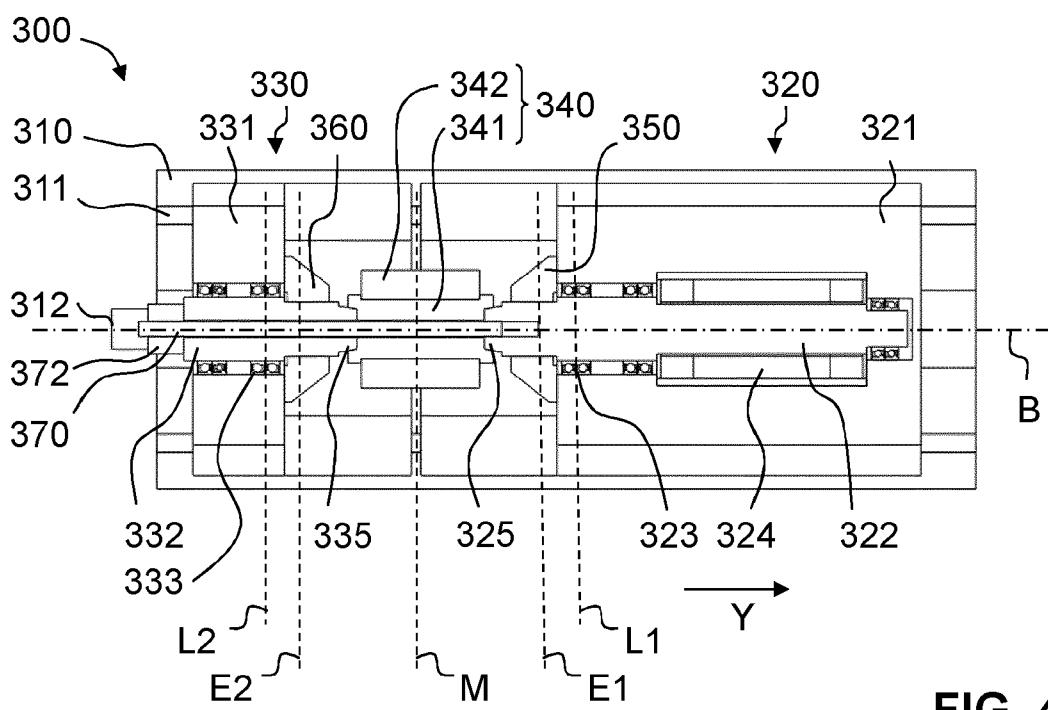
máquina de rectificado de engranajes.

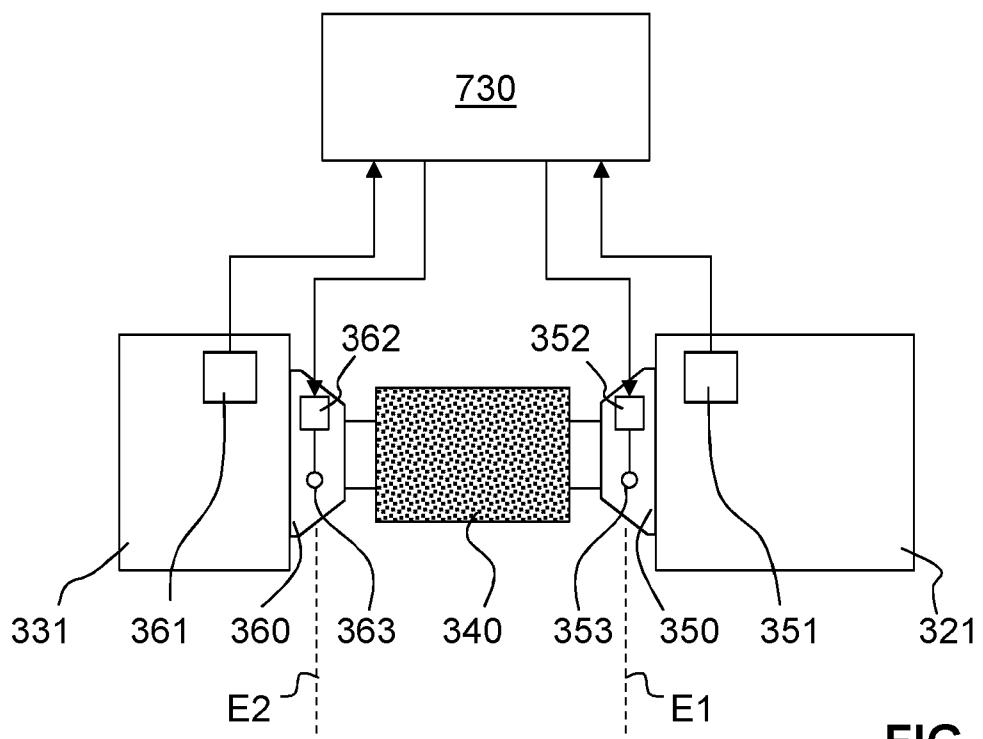


**FIG. 1**

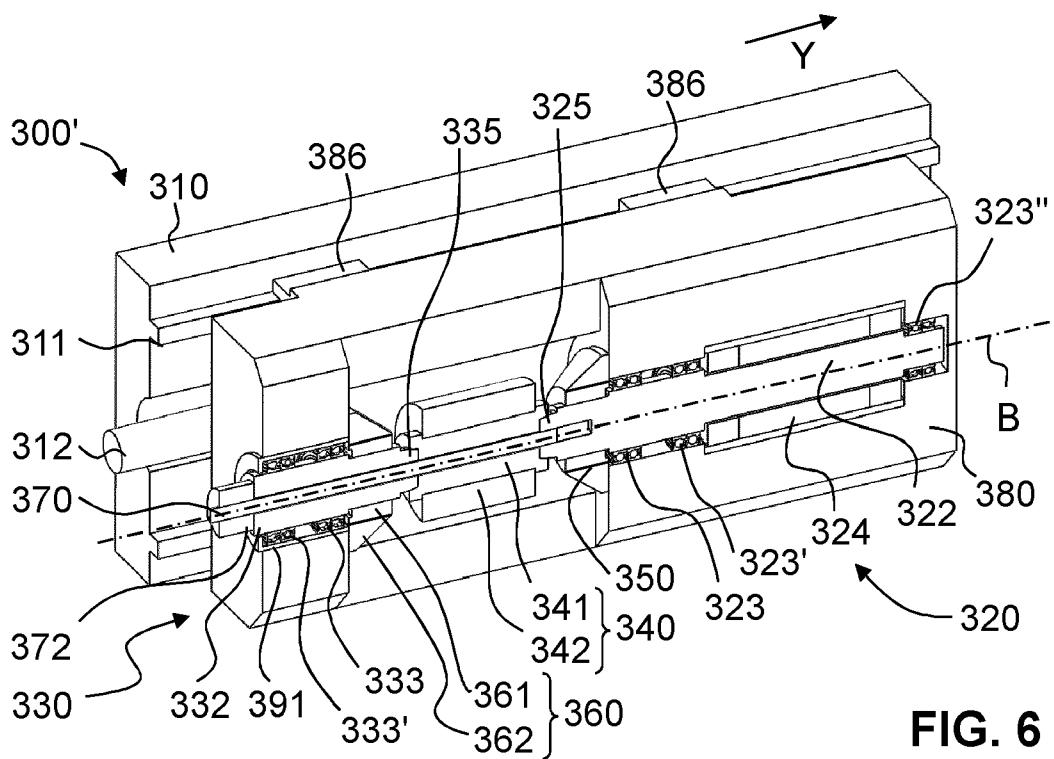


**FIG. 2**

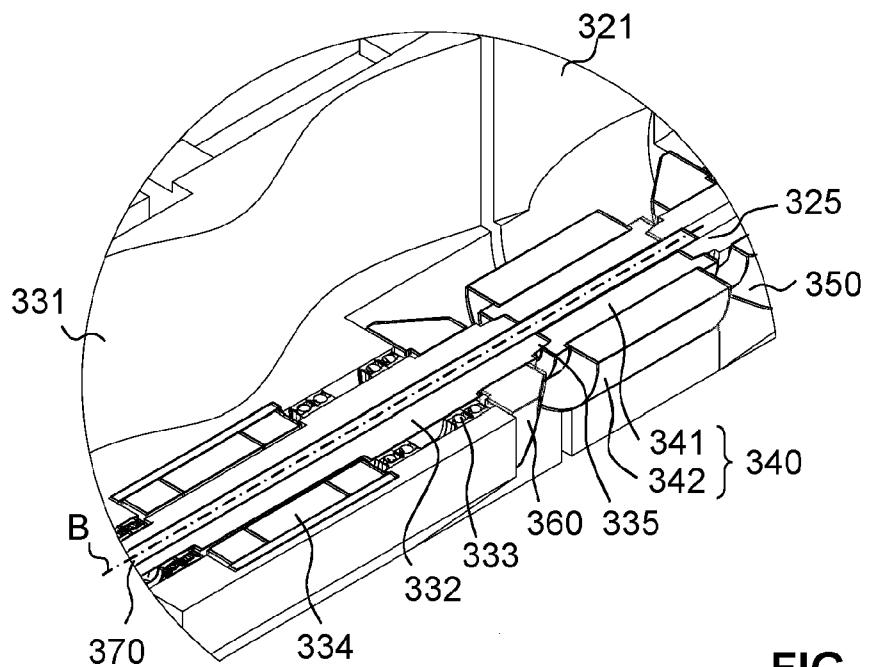
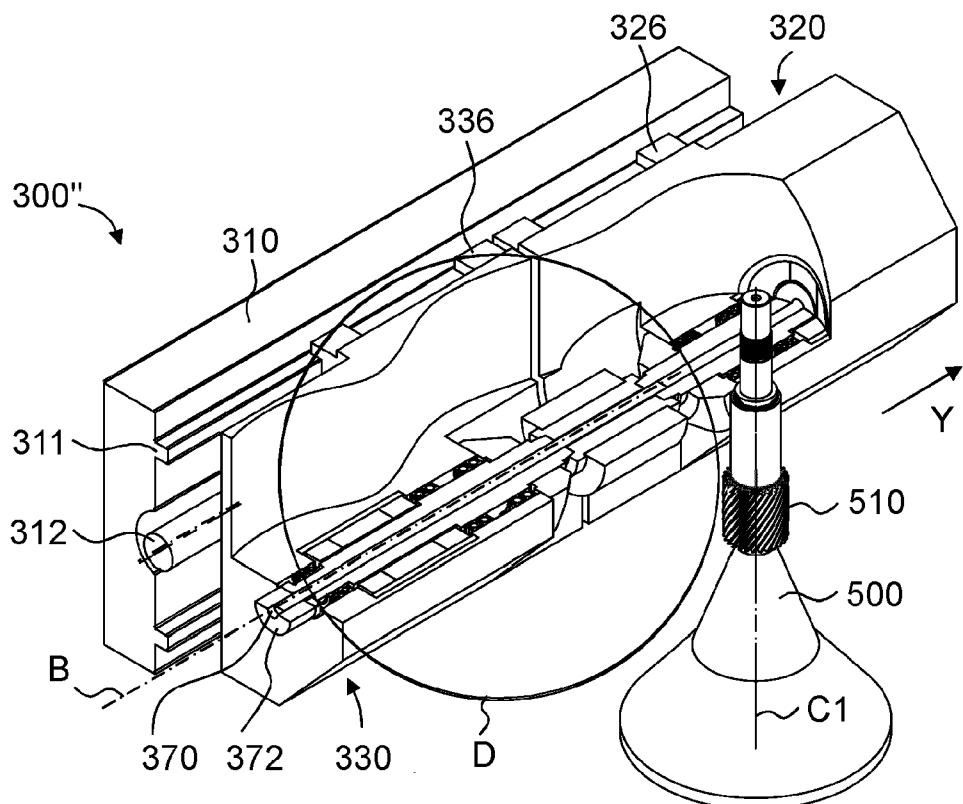
**FIG. 3****FIG. 4**

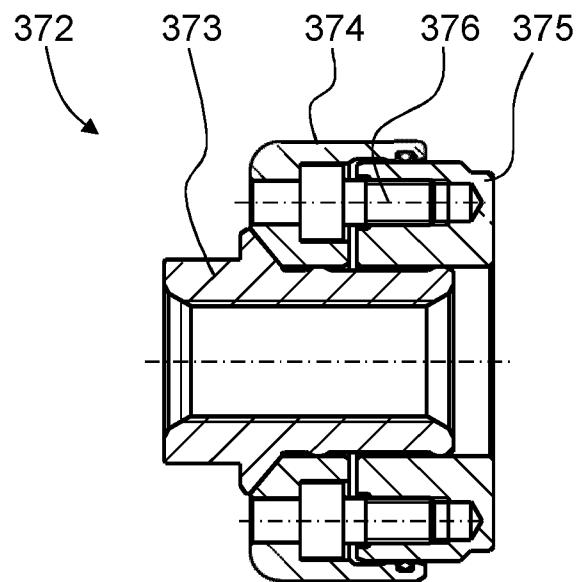


**FIG. 5**

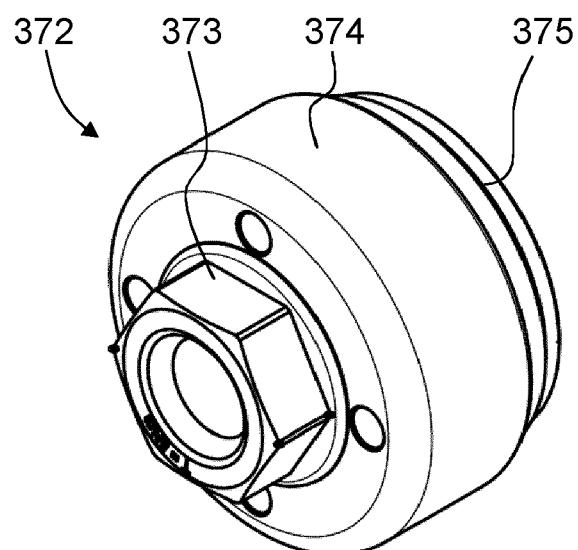


**FIG. 6**





**FIG. 9**



**FIG. 10**