

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 932 188**

51 Int. Cl.:

B23B 31/02 (2006.01)

B23B 37/00 (2006.01)

B24B 1/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.07.2016 PCT/EP2016/066330**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.01.2017 WO17005917**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.07.2016 E 16736478 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.09.2022 EP 3319748**

54 Título: **Dispositivo para la generación de una vibración ultrasónica de una herramienta y para la medición de parámetros de vibración**

30 Prioridad:

08.07.2015 DE 102015212810

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

16.01.2023

73 Titular/es:

**DMG MORI ULTRASONIC LASERTEC GMBH
(100.0%)
Gildemeisterstrasse 1
55758 Stipshausen, DE**

72 Inventor/es:

KETELAER, JENS

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 932 188 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

Dispositivo para la generación de una vibración ultrasónica de una herramienta y para la medición de parámetros de vibración

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a un dispositivo para la generación de una vibración ultrasónica de una herramienta para el mecanizado por ultrasonidos con arranque de virutas de una pieza de trabajo y para la medición de parámetros de vibración ultrasónica de la vibración ultrasónica la herramienta, con un portaherramientas para recibir la herramienta y un transductor ultrasónico en el portaherramientas para generar la vibración ultrasónica de la herramienta, así como a un procedimiento para medir los parámetros de vibración ultrasónica de una herramienta para el mecanizado por ultrasonidos con arranque de virutas de una pieza de trabajo.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

En el estado de la técnica se conocen máquinas-herramienta para el mecanizado con arranque de virutas de pieza de trabajos de trabajo, que presentan un dispositivo de procesamiento de señales y diodos emisores y receptores en el portaherramientas, con los que se pueden transmitir señales a una estación emisora y receptora.

El documento EP0229399A2 describe a este respecto un mandril con un número de diodos emisores y diodos receptores dispuestos en un plano radial a intervalos circunferenciales y un dispositivo de procesamiento de señales con pieza de trabajo amplificadora incorporado en el mandril. En dicho plano radial está dispuesta una estación emisora y receptora estacionaria. Un sensor integrado en el mandril detecta los respectivos estados de funcionamiento que son procesados por el dispositivo de procesamiento de señales, consultados por la estación emisora y receptora y transmitidos a la estación emisora y receptora combinada a través de los diodos emisores del mandril.

El documento DE202006020526U1 describe un transmisor giratorio con una pieza de trabajo de estator y una pieza de trabajo de rotor que tienen respectivamente una parte de núcleo en el lado del estator y en el lado del rotor, separadas entre sí en los extremos mutuamente orientados uno hacia otro a través de un entrehierro, con respectivamente al menos un devanado de energía enrollado en la parte de núcleo en el lado del estator y en el lado del rotor para la transmisión de energía de acuerdo con el principio del transformador, y con devanados de acoplamiento, asignados entre sí por pares, en el lado del estator y el lado del rotor para la transmisión inductiva de datos, que están conectados a una electrónica de emisión y/o de recepción, estando la pieza de trabajo de estator dispuesta en una carcasa que se compone de una carcasa base para alojar una electrónica de transmisión y de recepción con un cable de conexión y de una carcasa intercambiable, dispuesta de forma desmontable en la carcasa base, para alojar el devanado de energía y el al menos un devanado de acoplamiento, estando dispuestos entre la carcasa base y la carcasa intercambiable contactos de enchufe desmontables para establecer conexiones eléctricas.

En el estado de la técnica se conocen además cabezales de herramienta que hacen posible la transmisión de corriente inductiva para un consumidor de corriente en el cabezal de la herramienta.

El documento EP0719199B1 describe a este respecto un cabezal de herramienta para su uso en máquinas-herramienta, con un cuerpo base, un vástago de herramienta que sobresale axialmente del cuerpo base y que puede acoplarse a un husillo de máquina que rota en un estator en el lado de la máquina, con al menos un consumidor de corriente configurado preferiblemente como motor de ajuste para una corredera dispuesta en el cuerpo base y/o como electrónica de medición, y con un dispositivo de suministro de corriente externo para el consumidor de corriente, presentando el dispositivo de suministro de corriente una trayectoria de transmisión de corriente inductiva con una bobina primaria dispuesta en una carcasa de bobina en el lado de la máquina y una bobina secundaria dispuesta en una carcasa de bobina en el lado del cabezal de herramienta que envuelve de forma anular el vástago de herramienta, y estando separados entre sí las dos carcasas de bobina por un entrehierro cuando el vástago de herramienta está acoplado al husillo de máquina.

Además, se conocen máquinas herramienta en las que durante el mecanizado con arranque de virutas de una pieza de trabajo por una herramienta, al movimiento de rotación de la herramienta puede superponerse una vibración ultrasónica de la herramienta.

El documento EP1763416B1 describe en este contexto una herramienta con un portaherramientas que presenta en un primer extremo un alojamiento de portaherramientas para la adaptación a un talón de husillo giratorio, y en un segundo extremo opuesto al primer extremo un alojamiento de herramienta, y con un cabezal de herramienta insertable en el alojamiento de herramienta, comprendiendo el portaherramientas un motor de vibración.

En una máquina herramienta de este tipo, un transductor ultrasónico en el portaherramientas, que genera la vibración ultrasónica de la herramienta, un cuerpo vibratorio y la herramienta insertada en el portaherramientas forman un sistema vibratorio que se incita a vibraciones mecánicas mediante una señal eléctrica, obteniéndose la mayor amplitud

de vibración mecánica posible cuando el sistema vibratorio es excitado con su frecuencia de resonancia.

El problema que se plantea es que la frecuencia de resonancia puede cambiar en el curso de un proceso de mecanizado. Hay tres razones principales para ello. Por un lado, el sistema capaz de vibrar o partes del mismo pueden calentarse durante el mecanizado, lo que modifica las propiedades del material. Esto conduce a una deriva de la temperatura de la frecuencia de resonancia.

Por otro lado, la vibración es amortiguada por el contacto de la herramienta con la pieza de trabajo que ha de ser mecanizada, por lo que, con una vibración amortiguada, la frecuencia de resonancia del sistema es menor que la frecuencia de resonancia libre del sistema.

Además, mediante el acoplamiento del sistema de vibración a la pieza de trabajo queda formado un nuevo sistema de vibración acoplado, cuya frecuencia de resonancia generalmente es mayor que la frecuencia de resonancia libre. En la práctica, estos tres efectos se producen de forma combinada, dependiendo de la situación concreta de procesamiento qué efecto domina.

Además, hay que tener en cuenta que, aparte del cambio en la frecuencia de resonancia, también influye un cambio en la potencia, ya que la interacción de la herramienta con la pieza de trabajo puede requerir una mayor tensión de salida para conseguir la misma potencia.

Si ahora se utiliza la frecuencia de resonancia libre para la excitación, pero la frecuencia de resonancia real del sistema difiere de esta frecuencia durante el mecanizado, se obtiene una vibración de la herramienta con una amplitud menor, lo que provocará una pérdida de eficiencia en el mecanizado.

Por esta razón, es importante detectar un cambio en la frecuencia de resonancia del sistema oscilante para poder ajustar de manera correspondiente los parámetros de vibración, de modo que se logre nuevamente la mayor amplitud de vibración posible.

De las aplicaciones de soldadura por ultrasonidos se sabe que para este fin se puede determinar tanto la frecuencia de resonancia libre como un cambio en la frecuencia de resonancia del sistema a partir de los valores de salida del generador que proporciona la señal eléctrica para la vibración mecánica al accionamiento piezoeléctrico en el portaherramientas. El generador ve una impedancia eléctrica del sistema capaz de vibrar, conectado a través de un trayecto de transmisor inductivo, que depende de la frecuencia y tiene un mínimo en la frecuencia de resonancia mecánica. Por consiguiente, en caso de un cambio en la frecuencia de resonancia, el generador reajusta su frecuencia hasta alcanzar de nuevo el mínimo de impedancia. Además de la frecuencia del mínimo de impedancia, por el procesamiento cambia también el valor de la impedancia mismo, es decir, se requiere una mayor tensión de salida para conseguir la misma potencia.

Sin embargo, este procedimiento no es adecuado para el mecanizado con arranque de virutas porque en este, a diferencia de la soldadura por ultrasonidos, las curvas de impedancia de los sonotrodos utilizados con las herramientas empleadas son mucho más complicadas: Por un lado, hay notablemente más mínimos de impedancia debido a los muchos modos de vibración diferentes de las herramientas conformadas de manera complicada. Por otro lado, las variables de influencia que provocan un cambio en la frecuencia de resonancia son más extremas en su efecto, es decir, el cambio en la frecuencia puede ser tan grande que se saltan otros mínimos de impedancia. Durante la soldadura, un sonotrodo ejerce aproximadamente la misma presión sobre la pieza de trabajo durante todo el proceso. Esto conduce a un cambio de frecuencia único que es el mismo para los procesos recurrentes y en el que el mínimo de impedancia siempre se puede identificar claramente. Por el contrario, el cambio en la frecuencia en el mecanizado con arranque de virutas cambia continuamente debido a las condiciones de engrane cambiantes de la herramienta en el material y la asignación, como se ha descrito anteriormente, a menudo ya no es posible solo sobre la base de una medición de impedancia.

Esto se debe al hecho de que allí se utiliza un gran número de herramientas de formas diferentes, por ejemplo, taladros y fresas con diferentes dimensiones y herramientas de corte con diferentes geometrías de filo de corte, lo que conduce a una mayor variación en la forma de la curva de impedancia en comparación con la soldadura por ultrasonidos.

Además, durante el mecanizado con arranque de virutas, la fuerza que actúa sobre el sistema vibratorio es generalmente mucho mayor, por lo que el cambio de la curva de impedancia es mucho más pronunciado.

Además, debido a los pasos de mecanizado recurrentes durante la soldadura, el efecto de cambio de frecuencia dominante puede predecirse bien, lo que limita las posibles reacciones del sistema. En cambio, hay que tener en cuenta todos los efectos durante el mecanizado con arranque de virutas, por lo que las posibilidades de predicción o de limitación de los parámetros de control son insuficientes.

Además, no es posible distinguir las vibraciones de flexión o similares de los modos de vibración axial únicamente a base de la medición de la impedancia. Asimismo, existen resonancias puramente eléctricas que no producen ninguna vibración. Estos efectos parasitarios no pueden detectarse con los procedimientos conocidos.

Del documento WO2014/111973A1 también se conoce un dispositivo de mecanizado en el que se introducen las vibraciones correspondientes en la herramienta por medio de un generador de vibraciones y se evalúan las señales de vibración detectadas por los sensores.

5 RESUMEN DE LA INVENCION

Por lo tanto, la presente invención tiene el objetivo de proporcionar un dispositivo para la generación de una vibración ultrasónica de una herramienta para el mecanizado ultrasónico con arranque de virutas de una pieza de trabajo y para la medición de parámetros de vibración ultrasónica de la vibración ultrasónica de la herramienta, con el que se eviten los problemas mencionados anteriormente.

En particular, es un objetivo de la presente invención proporcionar un dispositivo que permita alcanzar una mayor precisión de mecanizado durante el mecanizado por ultrasonidos con arranque de virutas de una pieza de trabajo.

Además, es un objetivo de la presente invención proporcionar un procedimiento que permita alcanzar una mayor precisión de mecanizado en el mecanizado por ultrasonidos con arranque de virutas de una pieza de trabajo.

Estos objetivos se consiguen mediante un dispositivo según la reivindicación 1 y un procedimiento según la reivindicación 13. Las reivindicaciones dependientes se refieren a ejemplos de realización ventajosos del dispositivo según la invención o del procedimiento según la invención.

El dispositivo según la invención para la generación de una vibración ultrasónica de una herramienta para el mecanizado por ultrasonidos con arranque de virutas de una pieza de trabajo y para la medición de los parámetros de vibración ultrasónica de la vibración ultrasónica de la herramienta presenta: un portaherramientas para recibir la herramienta, un transductor ultrasónico en el portaherramientas para generar la vibración ultrasónica de la herramienta, un equipo de sensor en el portaherramientas para generar una señal de sensor basada en la vibración ultrasónica de la herramienta, y un dispositivo de evaluación de señal de sensor para evaluar la señal de sensor, presentando el equipo de sensor un elemento de una sola pieza hecho de material piezoeléctrico y una pluralidad de segmentos de electrodo para la detección de componentes de vibración ultrasónica en la dirección axial de la herramienta así como componentes de vibración de flexión de la vibración ultrasónica de la herramienta. Por ejemplo, el transductor ultrasónico puede estar configurado como uno o varios elementos piezoeléctricos que también funcionan como equipo de sensor. La señal de excitación para los elementos piezoeléctricos se interrumpe brevemente y la vibración decreciente de los elementos piezoeléctricos se detecta como señal de tensión. Para la excitación y para la medición de vibración, se pueden utilizar el mismo trayecto de transmisión o diferentes trayectos de transmisión mediante circuitos correspondientes en el lado de la máquina, y en caso de utilizar un solo trayecto de transmisión, éste se puede acoplar al generador para la excitación de vibración y se puede acoplar a la electrónica para la medición de vibración.

Alternativamente, el transductor ultrasónico y el equipo de sensor pueden estar realizados como elementos diferentes del dispositivo, pudiendo utilizarse diferentes trayectos de transmisión para la excitación de vibración y para la medición de vibración. El equipo de sensor puede, por ejemplo, estar realizado como sensor piezoeléctrico. El equipo de sensor también puede estar realizado como extensímetro con un circuito electrónico en el portaherramientas para la generación de la señal de sensor.

Por tanto, se proporciona un dispositivo con el que se puede generar una vibración ultrasónica de la herramienta y, paralelamente, se puede realizar una medición directa de los parámetros de vibración ultrasónica de la herramienta vibratoria. De este modo, se puede generar una señal de sensor eléctrica que permite sacar una conclusión directa sobre la vibración mecánica. La señal de sensor puede generarse en uno o varios momentos o en un período de tiempo durante el mecanizado y, por lo tanto, puede actualizarse continuamente. Esto hace posible una vigilancia de la vibración o la detección de cambios en los parámetros de vibración, como por ejemplo una reducción de la amplitud de vibración o un cambio en la frecuencia de resonancia.

Además, el equipo de sensor está realizado como plaquita de elementos piezoeléctricos, sobre la que están fijados electrodos en dos lados opuestos. La segmentación de los electrodos tiene la ventaja de que no solo se pueden detectar los componentes de vibración axial (a lo largo del eje de herramienta) de la herramienta, sino también componentes de vibración de flexión o inclinación que pueden producirse en caso de una carga lateral de la herramienta. Esto tiene la ventaja de que la señal de sensor contiene información más precisa sobre la vibración mecánica.

Preferiblemente, el equipo de sensor está realizado como elemento sensor piezoeléctrico y la señal de sensor es una tensión eléctrica causada por la vibración ultrasónica de la herramienta.

Esto tiene la ventaja de que para la generación y la transferencia de la señal de sensor en el portaherramientas no es necesario proporcionar ningún circuito adicional en el portaherramientas.

Preferiblemente, el portaherramientas es rotatorio y el dispositivo presenta un elemento emisor, conectado al equipo de sensor, en el portaherramientas y un elemento receptor situado a una distancia del elemento emisor para la transmisión sin contacto de la señal de sensor desde el elemento emisor al elemento receptor.

En este caso, el elemento receptor puede, por ejemplo, estar dispuesto fuera del portaherramientas en una parte estacionaria de una máquina herramienta con el dispositivo según la invención. Con la ayuda del elemento receptor en el lado de la máquina, situado a una distancia del elemento emisor, la señal de sensor puede hacerse salir del portaherramientas rotatorio para su evaluación.

Preferiblemente, el equipo de sensor comprende un elemento aislante para el aislamiento eléctrico del transductor ultrasónico y el dispositivo presenta un dispositivo de transmisión de energía para transmitir energía al portaherramientas para alimentar el transductor ultrasónico, estando el dispositivo de transmisión de energía eléctricamente aislado del elemento emisor y del elemento receptor.

Debido al desacoplamiento eléctrico del equipo de sensor y la trayectoria de la señal de sensor en el portaherramientas con respecto al accionamiento de la vibración ultrasónica y su fuente de alimentación, la detección de la vibración de la herramienta es completamente independiente de la generación de la vibración de la herramienta, lo que impide la falsificación de la señal de sensor.

Preferiblemente, el equipo de sensor está dispuesto en el portaherramientas con respecto al transductor ultrasónico de tal manera que la generación de la vibración ultrasónica de la herramienta por el transductor ultrasónico y la detección de la vibración ultrasónica de la herramienta por el equipo de sensor se producen sustancialmente en la misma dirección.

Esto tiene la ventaja de que las formas de vibración propia del sistema oscilante que no corresponden a la vibración ultrasónica de la herramienta que es ventajosa para el proceso de mecanizado, como por ejemplo una vibración de flexión de la herramienta, no se miden, sino que solo los modos de vibración relevantes son detectados por el elemento sensor. El elemento sensor y el transductor ultrasónico pueden, por ejemplo, estar dispuestos sucesivamente en el portaherramientas a lo largo del eje de herramienta, para generar o detectar una vibración axial.

Preferiblemente, el transductor ultrasónico presenta una estructura en capas de varios primeros elementos piezoeléctricos, y el equipo de sensor presenta una estructura en capas de un segundo elemento piezoeléctrico y una pluralidad de elementos de aislamiento, estando el transductor ultrasónico y el equipo de sensor acoplados mecánicamente entre sí.

Resulta ventajoso si el segundo elemento piezoeléctrico está dispuesto en un extremo del transductor ultrasónico, ya que la amplitud de vibración a medir es mayor allí. Por ejemplo, seis primeros elementos piezoeléctricos y el elemento sensor piezoeléctrico pueden estar dispuestos sucesivamente a lo largo del eje de herramienta. De este modo, el transductor ultrasónico y el elemento sensor pueden alojarse en el portaherramientas ahorrando espacio. Por el doble número de primeros elementos piezoeléctricos, se puede transmitir el doble de fuerza a la herramienta. En otras palabras, con seis primeros elementos piezoeléctricos, se transmite tres veces la fuerza a la herramienta en comparación con dos primeros elementos piezoeléctricos. Además, con un mayor número de primeros elementos piezoeléctricos, la masa de amortiguación es grande para mantener bajas las vibraciones autoexcitadas (traqueteo).

Preferiblemente, varios elementos emisores conectados al equipo de sensor están dispuestos circunferencialmente en el portaherramientas.

Por ejemplo, cuatro elementos emisores pueden estar dispuestos a una distancia de 90° respectivamente en la circunferencia del portaherramientas. Esto tiene la ventaja de que se mantienen bajas las pérdidas de señal durante la transmisión de la señal de sensor desde el portaherramientas a la parte en el lado de la máquina, especialmente durante una rotación del portaherramientas.

Preferiblemente, el elemento emisor y el elemento receptor están concebidos para transmitir de forma inductiva la señal de sensor desde el elemento emisor al elemento receptor.

Esta forma de transmisión sin contacto tiene la ventaja de que no se requiere ningún circuito o fuente de alimentación adicional en el portaherramientas o una fuente de alimentación para hacer salir la señal de sensor del portaherramientas, ya que la transmisión inductiva no requiere energía adicional.

Preferiblemente, el elemento emisor forma con el elemento receptor un primer transformador, en el que el elemento emisor comprende un primer núcleo de ferrita y un devanado primario del primer transformador, y el elemento receptor comprende un segundo núcleo de ferrita y un devanado secundario del primer transformador, y el dispositivo de transmisión de energía está formado como segundo transformador con un devanado primario del segundo transformador y un devanado secundario del segundo transformador, estando dispuestos el primer transformador y el segundo transformador de tal manera que la transmisión de la señal de sensor desde el devanado primario del primer

transformador al devanado secundario del primer transformador se produce en una dirección sustancialmente perpendicular a una dirección de transmisión de la energía para la alimentación de energía del transductor ultrasónico desde el devanado primario del segundo transformador al devanado secundario del segundo transformador.

- 5 Esto tiene la ventaja de que los respectivos campos magnéticos de los dos transformadores están orientados perpendicularmente entre sí, de modo que la alimentación y la transmisión de la señal solo tienen una ligera influencia mutua.

- 10 Alternativamente, el elemento emisor y el elemento receptor están dispuestos para transmitir la señal de sensor ópticamente desde el elemento emisor al elemento receptor.

Preferiblemente, el elemento emisor está dispuesto en un orificio en un lado exterior del portaherramientas.

- 15 De esta manera, un orificio ya presente en el portaherramientas, por ejemplo para recibir un chip para almacenar datos, puede servir adicionalmente para recibir el elemento emisor.

Preferiblemente, el dispositivo presenta una capacitancia y/o inductancia conectada en paralelo al segundo transformador para la compensación de la potencia de imagen que fluye entre un generador y el portaherramientas.

- 20 Esto tiene la ventaja de que se puede reducir el calentamiento del sistema por la potencia reactiva. El dispositivo puede comprender además un relé para la adaptación de la compensación de la potencia reactiva que fluye entre el generador y el portaherramientas. Esto tiene la ventaja de que, de esta manera, el valor de la capacitancia y/o el valor de la inductancia pueden cambiarse de forma sencilla.

- 25 Una máquina herramienta según la invención para el mecanizado con arranque de virutas de una pieza de trabajo comprende el dispositivo según la invención y una carcasa en la que están dispuestos tanto una parte estacionaria del dispositivo de transmisión de energía, que comprende el devanado primario del segundo transformador y un primer núcleo de carcasa del segundo transformador, como el elemento receptor.

- 30 De este modo, la señal de sensor puede ser conducida a la parte estacionaria de la máquina herramienta y ser evaluada allí.

- El procedimiento según la invención para medir los parámetros de vibración ultrasónica de una herramienta para el mecanizado por ultrasonidos con arranque de virutas de una pieza de trabajo tiene los pasos: la provocación de la
35 vibración ultrasónica de la herramienta recibida en un portaherramientas; la generación de una señal de sensor a base de la vibración ultrasónica de la herramienta por medio de un equipo de sensor en el portaherramientas; la transferencia de la señal de sensor desde el equipo de sensor a un elemento emisor, conectado al equipo de sensor, en el portaherramientas; la transmisión de la señal de sensor desde el elemento emisor a un elemento receptor situado a una distancia del elemento emisor; la transferencia de la señal de sensor desde el elemento receptor a un dispositivo
40 de evaluación de señal de sensor; la evaluación de la señal de sensor en el dispositivo de evaluación de señal de sensor para determinar los parámetros de vibración ultrasónica de la herramienta, presentando el equipo de sensor un elemento de una sola pieza hecho de material piezoeléctrico y una pluralidad de segmentos de electrodo para la detección de componentes de vibración ultrasónica en la dirección axial de la herramienta así como de componentes de vibración de flexión de la vibración ultrasónica de la herramienta.

- 45 Por lo tanto, se genera una señal eléctrica del sensor que permite una conclusión directa sobre la vibración mecánica. La señal de sensor puede ser generada en uno o varios momentos o en un período de tiempo durante el mecanizado. Por lo tanto, los parámetros de vibración ultrasónica pueden actualizarse constantemente y los cambios en la vibración pueden ser detectados continuamente.

- 50 La segmentación de los electrodos tiene la ventaja de que no solo pueden ser detectados los componentes de vibración axial (a lo largo del eje de la herramienta) de la herramienta, sino también los componentes de vibración de flexión o inclinación que pueden producirse en caso de una carga lateral de la herramienta. Esto tiene la ventaja de que la señal de sensor contiene información más precisa sobre la vibración mecánica.

- 55 Preferiblemente, la señal de sensor es una tensión eléctrica causada por la vibración ultrasónica de la herramienta.

- Esto tiene la ventaja de que los parámetros de vibración mecánica pueden determinarse de manera sencilla a partir de una señal de sensor de este tipo.

- 60 Preferiblemente, al evaluar la señal de sensor, una frecuencia de la vibración ultrasónica de la herramienta se determina a partir de una frecuencia de la señal de sensor y/o una amplitud de la vibración ultrasónica de la herramienta se determina a partir de una amplitud de la señal de sensor.

- 65 Por lo tanto, los cambios de frecuencia de resonancia del sistema capaz de vibrar o una reducción de la amplitud pueden ser determinados de manera sencilla a partir de la señal de sensor. A base de la comparación de la frecuencia

irradiada y la frecuencia de resonancia actual, el sistema de vibración puede ser regulado en resonancia, si esto es ventajoso para el proceso de mecanizado.

Breve descripción de las Figuras

- 5 La figura 1 muestra un portaherramientas de un ejemplo de realización de un dispositivo según la invención en una vista en sección.
- La figura 2 muestra un portaherramientas de un ejemplo de realización del dispositivo según la invención.
- La figura 3 muestra un elemento sensor piezoeléctrico de un ejemplo de realización de un dispositivo según la invención en una vista en sección.
- La figura 4A muestra un electrodo de otro ejemplo de realización de un dispositivo según la invención.
- 10 La figura 4B muestra un electrodo de otro ejemplo de realización de un dispositivo según la invención.
- La figura 5A muestra un ejemplo del dispositivo según la invención durante el mecanizado.
- La figura 5B muestra un ejemplo del dispositivo según la invención durante el mecanizado.
- La figura 6 muestra una parte de una máquina herramienta según la invención con un ejemplo de realización del dispositivo según la invención.
- 15 La figura 7 muestra otro ejemplo de realización de un dispositivo según la invención.

Descripción detallada de las figuras y de ejemplos de realización preferibles de la presente invención

A continuación, la presente invención se describe y explica en detalle con la ayuda de ejemplos de realizaciones y de las figuras ejemplares.

- 20 La figura 1 muestra un portaherramientas 10 de un dispositivo según la invención. En un extremo del portaherramientas 10 se encuentra una sección de recepción de herramientas 11 para recibir una herramienta 90 (no mostrada). En el portaherramientas 10 están dispuestos de forma apilada varios, por ejemplo, seis, primeros elementos piezoeléctricos 21 en forma de disco perforado que están unidos a la sección de recepción de la herramienta 11 a través de una sección de transmisión 12 y que forman un transductor ultrasónico 20 para convertir una tensión eléctrica en una
- 25 vibración mecánica. A través de la sección de transmisión 12, la vibración mecánica de los primeros elementos piezoeléctricos 21 es transmitida a la herramienta 90. Los primeros elementos piezoeléctricos 21 pueden, por ejemplo, estar realizados como discos piezocerámicos con electrodos montados entre ellos. La alimentación de energía del transductor ultrasónico 20 se realiza a través de un transformador (segundo transformador) que en el lado de la máquina está constituido por un primer núcleo de carcasa 31 y un devanado primario 32 (no mostrado) y que en el
- 30 lado de la herramienta está constituido por un segundo núcleo de carcasa 33 y un devanado secundario 34, que están dispuestos como elementos anulares en el lado exterior del portaherramientas 10.

- En un lado de la pila de primeros elementos piezoeléctricos 21, opuesto a la sección de recepción de herramienta 11, está dispuesto como equipo de sensor 40 un elemento sensor piezoeléctrico en forma de disco perforado que está
- 35 acoplado mecánicamente a los primeros elementos piezoeléctricos 21, pero está aislado eléctricamente de los primeros elementos piezoeléctricos 21 por un elemento aislante 43 que puede componerse de un disco perforado de cerámica. Otro elemento aislante 43 aísla eléctricamente el elemento sensor 40 piezoeléctrico con respecto a un elemento de fijación 13, por ejemplo, una tuerca de fijación. El elemento de fijación 13 sirve para fijar el elemento sensor 40 piezoeléctrico al transductor ultrasónico 20 y para precargar los primeros elementos piezoeléctricos 21, ya
- 40 que estos se cargan dinámicamente. La estructura del elemento sensor 40 piezoeléctrico se describe con más detalle a continuación con referencia a la figura 3. Los primeros elementos piezoeléctricos 21 y el elemento sensor 40 piezoeléctrico están orientados de la misma manera, lo que, por un lado, permite la generación y detección de la vibración en la misma dirección y, por otro, consigue una disposición de los elementos que ahorra espacio en el portaherramientas 10. El elemento sensor 40 piezoeléctrico convierte las vibraciones mecánicas del sistema vibratorio
- 45 constituido por la herramienta 90, la sección de transmisión 12, el transductor ultrasónico 20 y el elemento sensor 40 piezoeléctrico en una señal de sensor que es transmitida como tensión eléctrica a través de una conexión alámbrica 50 desde el elemento sensor 40 piezoeléctrico, a través del portaherramientas 10, a un elemento emisor 60 en el lado exterior del portaherramientas 10. Desde el elemento emisor 60, la señal de sensor es transmitida sin contacto a un elemento receptor 80 (no mostrado) en el lado de la máquina. El elemento emisor 60 es parte de otro transformador
- 50 (primer transformador) y está constituido por un primer núcleo de ferrita 61 y un devanado primario 62; el elemento receptor 80 también forma parte del primer transformador y está constituido por un segundo núcleo de ferrita 81 y un devanado secundario 82. De esta manera, la señal de sensor puede ser transmitida de forma inductiva desde el portaherramientas 10 a un dispositivo de evaluación de señal de sensor en el lado de la máquina 110 (no mostrado). Alternativamente, también es posible la transmisión óptica, en la que el elemento emisor 60 está realizado como LED
- 55 y el elemento receptor 80 como fotodiodo. El elemento emisor 60 puede estar dimensionado y posicionado de tal forma que quepa en un orificio 70 para un chip de datos para datos de herramienta según la norma DIN 69893. Las disposiciones del dispositivo de transmisión de energía 30 y del dispositivo de transmisión de señales constituido por el elemento emisor 60 y el elemento receptor 80 se explican con más detalle a continuación con la ayuda de la figura 6. El portaherramientas 10 puede ser giratorio con respecto a una parte estacionaria de la máquina herramienta (no
- 60 mostrada).

En la figura 2, el portaherramientas 10 se muestra de lado. En el lado exterior del portaherramientas 10 se encuentra el orificio 70 en el que está dispuesto el elemento emisor 60. En la figura se muestra abajo el núcleo de carcasa 33 (segundo núcleo de carcasa) del dispositivo de transmisión de energía 30, que suministra energía al transductor ultrasónico 20 en el portaherramientas 10. En esta representación, la herramienta 90 (no mostrada) puede ser recibida mirando hacia abajo en la sección de recepción de herramienta 11 (no mostrada).

La figura 3 muestra en una vista en sección la estructura del elemento sensor 40 piezoeléctrico. El elemento sensor 40 piezoeléctrico se compone de un elemento de una sola pieza de material piezoeléctrico 41, como por ejemplo una cerámica piezoeléctrica, que tiene la forma de un disco circular con un orificio central circular. A ambos lados del elemento 41 de una sola pieza están fijados electrodos 42, de modo que por el campo eléctrico provocado por la vibración mecánica se genera una tensión eléctrica en los electrodos 42. Los electrodos 42 pueden ser discos circulares de una sola pieza con un agujero central circular análogo al elemento de una sola pieza de material piezoeléctrico 41, pero con un menor grosor que este último (véase la figura 4A), o segmentos de disco 42a, por ejemplo, cuartos de disco (véase la figura 4B). Con un disco de electrodos 42 de una sola pieza, los componentes de vibración axial del sistema vibratorio pueden detectarse a lo largo del eje de herramienta; los segmentos de electrodo 42a tienen la ventaja de que con ellos pueden detectarse componentes de vibración del sistema en dos ejes. Esto se explica con más detalle a continuación con la ayuda de las figuras 5A y 5B. Además, las vibraciones de torsión de la herramienta 90 también pueden ser detectadas por varios segmentos de electrodo 42a y una cerámica piezoeléctrica convenientemente polarizada como elemento 41 de una sola pieza. En la otra superficie del electrodo respectivamente, que no es adyacente al elemento de una sola pieza de material piezoeléctrico 41, está dispuesto respectivamente un elemento aislante 43 que también puede estar configurado como disco circular con un agujero central y componerse de cerámica. Los elementos aislantes 43 aíslan eléctricamente el elemento sensor 40 piezoeléctrico del transductor ultrasónico 20 contiguo y de otras partes del portaherramientas 10, en particular del elemento de fijación 13, de modo que la señal de sensor generada por el elemento sensor 40 piezoeléctrico no se ve perturbada y solo se transmite a través de la conexión alámbrica 50.

En las figuras 5A y 5B se muestran diferentes formas de vibración del sistema capaz de vibrar. En la figura 5A, la herramienta 90 vibra en el portaherramientas 10 hacia arriba y abajo en una dirección axial, es decir, en una dirección a lo largo del eje de herramienta, como se indica con la flecha vertical. La figura 5B también se muestra una vibración axial de la herramienta 90, a la que está superpuesta, sin embargo, una vibración en una dirección perpendicular a la misma. Esta vibración superpuesta puede ser provocada, por ejemplo, por una carga de presión lateral de la herramienta durante el mecanizado con arranque de virutas, que dobla la herramienta 90. Para la detección de los componentes de la vibración en la dirección axial, son suficientes los electrodos 42 de una sola pieza, como se muestra en la figura 4A. Si deben ser detectados también los componentes de vibración de flexión en otras direcciones, son necesarios electrodos segmentados 42a, como se muestra en la figura 4B, ya que entonces los segmentos de electrodo 42a en la superficie del elemento de una pieza de trabajo de material piezoeléctrico 41 pueden vibrar de forma diferente.

En la figura 6, la disposición del dispositivo de transmisión de energía 30 para transferir la energía para el transductor ultrasónico 20 al portaherramientas 10 y la disposición del elemento emisor 60 y del elemento receptor 80 para transferir la señal de sensor desde el portaherramientas 10 se muestran como vista en sección.

El dispositivo de transmisión de energía 30 está formado como transformador (segundo transformador) con un primer núcleo de carcasa 31, un devanado primario 32, un segundo núcleo de carcasa 33 y un devanado secundario 34, en el que las aberturas de los núcleos de carcasa 31, 33 están orientadas una hacia otra y los devanados 32, 34 están dispuestos en los respectivos núcleos de carcasa 31, 33. El segundo núcleo de carcasa 33 está dispuesto de forma anular en la circunferencia del portaherramientas; el primer núcleo de carcasa 31 está posicionado en una dirección axial a una distancia del segundo núcleo de carcasa en una carcasa 100 en el lado de la máquina y está dispuesto como un segmento anular o como un anillo completo alrededor del portaherramientas 10. La energía se transfiere por tanto de forma inductiva en la dirección axial en la figura 6 desde arriba hacia abajo del devanado primario 32 al devanado secundario 34.

En la carcasa 100 se encuentra también el elemento receptor 80. De forma opuesta al elemento receptor 80, el elemento emisor 60 está dispuesto a una distancia en un orificio 70 del portaherramientas 10. Por tanto, la señal de sensor es transmitida en la dirección radial en la figura 6 de izquierda a derecha desde el elemento emisor 60 al elemento receptor 80 sin contacto. También pueden estar dispuestos varios elementos emisores 60 circunferencialmente en el portaherramientas 10 para reducir las pérdidas de señal en la transmisión de la señal de sensor durante la rotación del portaherramientas 10. Del mismo modo, pueden estar dispuestos varios elementos receptores 80 de forma opuesta al elemento emisor 60 o a los elementos emisores 60.

Durante la rotación del portaherramientas 10, el segundo núcleo de carcasa 33 y el devanado secundario 34 del dispositivo de transmisión de energía 30, así como el elemento emisor 60, giran con el portaherramientas 10, mientras que la carcasa 100 con el primer núcleo de carcasa 31 y el devanado primario 32 del dispositivo de transmisión de energía 30, así como con el elemento receptor 80, está montada, por ejemplo, en el husillo de herramienta (no mostrado) y no rota.

La figura 7 muestra un diagrama de circuito de los componentes descritos anteriormente con un circuito de compensación ejemplar. Muestra el diagrama de circuito equivalente del accionamiento piezoeléctrico en el portaherramientas 10, del segundo transformador 31 a 34 con el devanado primario 32 a la izquierda y el devanado secundario 34 a la derecha, y un generador de ultrasonidos 120 para excitar el accionamiento piezoeléctrico. En el lado de la máquina, está conectada en paralelo al transformador 31 a 34 una capacitancia 180, cuyo valor puede modificarse a través de un relé 190 (no mostrado).

Dependiendo del cambio de fase entre la tensión y la corriente, fluye una potencia reactiva de un lado a otro entre el generador 120 y el portaherramientas 10, que no realiza ningún trabajo mecánico y solo contribuye al calentamiento del sistema. La potencia reactiva puede ser compensada por la capacitancia 180. Sin embargo, debido a que la impedancia eléctrica compensada tiene una respuesta en frecuencia, la compensación funciona suficientemente bien para el accionamiento piezoeléctrico solo con pequeños cambios en la frecuencia de excitación si el valor de la capacitancia 180 permanece constante. Si hay un cambio grande, el valor de la capacitancia 180 es conmutado de manera correspondiente por un relé 190.

El circuito de compensación puede estar formado por un circuito paralelo, un circuito en serie o un circuito combinado de capacitancias y/o inductancias y puede ser conmutado por un relé 190.

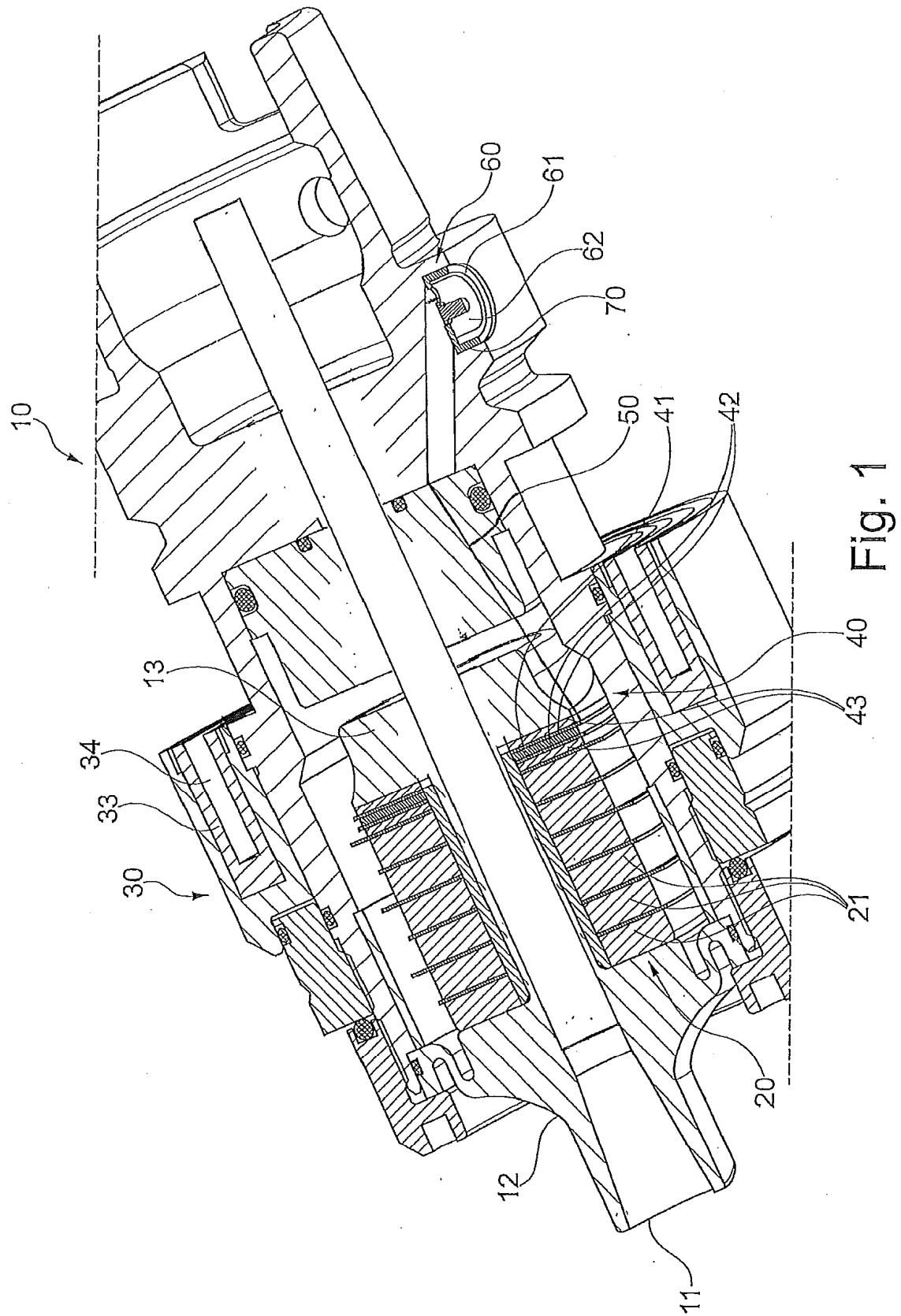
Lista de signos de referencia

20	10	Portaherramientas
	11	Sección de alojamiento de herramienta
	12	Sección de transmisión
	13	Elemento de fijación
25	20	Transductor ultrasónico
	21	Primer elemento piezoeléctrico
	30	Dispositivo de transmisión de energía
	31	Primer núcleo de carcasa
30	32	Devanado primario del segundo transformador
	33	Segundo núcleo de carcasa
	34	Devanado secundario del segundo transformador
	40	Elemento sensor piezoeléctrico como equipo de sensor
35	41	Elemento de una sola pieza de material piezoeléctrico
	42	Electrodo
	42A	Segmento de electrodo
	43	Elemento de aislamiento
40	50	Conexión alámbrica
	60	Elemento emisor
	61	Primer núcleo de ferrita
	62	Devanado primario del primer transformador
45	70	Orificio
	80	Elemento receptor
	81	Segundo núcleo de ferrita
	82	Devanado secundario del primer transformador
50	90	Herramienta
	100	Carcasa
	110	Dispositivo de evaluación de señal de sensor
	180	Capacitancia
55	190	Relé

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para la generación de una vibración ultrasónica de una herramienta (90) para el mecanizado por ultrasonidos con arranque de virutas de una pieza de trabajo y para la medición de parámetros de la vibración ultrasónica de la herramienta (90), con
 - un portaherramientas (10) para recibir la herramienta (90),
 - un transductor ultrasónico (20) en el portaherramientas (10) para generar la vibración ultrasónica de la herramienta (90),
 - un equipo de sensor (40) en el portaherramientas (10) para generar una señal de sensor a base de la vibración ultrasónica de la herramienta (90), y
 - un dispositivo de evaluación de señal de sensor (110) para evaluar la señal de sensor,**caracterizado porque**
el equipo de sensor (40) comprende un elemento (41) de una sola pieza de material piezoeléctrico y una pluralidad de segmentos de electrodo (42a) para la detección de componentes de vibración ultrasónica en la dirección axial de la herramienta (90) así como de componentes de vibración de flexión de la vibración ultrasónica de la herramienta (90).
2. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que
el equipo de sensor (40) está realizado como elemento sensor piezoeléctrico, y
la señal de sensor es una tensión eléctrica provocada por la vibración ultrasónica de la herramienta (90).
3. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, en el que
el portaherramientas (10) es rotatorio, y
el dispositivo comprende un elemento emisor (60) conectado al equipo de sensor (40) en el portaherramientas (10) y un elemento receptor (80), situado a una distancia del elemento emisor (60), para la transmisión sin contacto de la señal de sensor desde el elemento emisor (60) al elemento receptor (80).
4. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, en el que
el equipo de sensor (40) comprende un elemento aislante (43) para el aislamiento eléctrico del transductor ultrasónico (20), y
el dispositivo comprende un dispositivo de transmisión de energía (30) para transmitir energía al portaherramientas (10) para la alimentación de energía del transductor ultrasónico (20), estando el dispositivo de transmisión de energía (30) eléctricamente aislado del elemento emisor (60) y del elemento receptor (80); y/o
el equipo de sensor (40) está dispuesto en el portaherramientas (10) con respecto al transductor ultrasónico (20) de tal manera que la generación de la vibración ultrasónica de la herramienta (90) por el transductor ultrasónico (20) y la detección de la vibración ultrasónica de la herramienta (90) por el equipo de sensor (40) tienen lugar sustancialmente en la misma dirección.
5. Dispositivo según la reivindicación 4, en el que
el transductor ultrasónico (20) presenta una estructura en capas de varios primeros elementos piezoeléctricos (21), y
el equipo de sensor (40) comprende una estructura en capas de un segundo elemento piezoeléctrico (41, 42; 41, 42a) y una pluralidad de elementos aislantes (43), en la que
el transductor ultrasónico (20) y el equipo de sensor (40) están acoplados mecánicamente entre sí.
6. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, en el que
varios elementos emisores (60) conectados al equipo de sensor (40) están dispuestos circunferencialmente en el portaherramientas (10).
7. Dispositivo según una de las reivindicaciones 3 a 6, en el que
el elemento emisor (60) y el elemento receptor (80) están concebidos para transmitir de forma inductiva la señal de sensor desde el elemento emisor (60) al elemento receptor (80).
8. Dispositivo según una de las reivindicaciones 3 a 7, en el que
el elemento emisor (60) forma con el elemento receptor (80) un primer transformador (61, 62, 81, 82), en el que
el elemento emisor (60) comprende un primer núcleo de ferrita (61) y un devanado primario (62) del primer transformador (61, 62, 81, 82), y el elemento receptor (80) comprende un segundo núcleo de ferrita (81) y un devanado secundario (82) del primer transformador (61, 62, 81, 82), y

- 5 el dispositivo de transmisión de energía (30) está formado como segundo transformador (31 a 34) con un devanado primario (32) del segundo transformador (31 a 34) y un devanado secundario (34) del segundo transformador (31 a 34), y en el que el primer transformador (61, 62, 81, 82) y el segundo transformador (31 a 34) están dispuestos de manera que la transmisión de la señal de sensor desde el devanado primario (62) del primer transformador (61, 62, 81, 82) al devanado secundario (82) del primer transformador (61, 62, 81, 82) se produce en una dirección sustancialmente perpendicular a una dirección de transmisión de la energía para la alimentación de energía del transductor ultrasónico (20) desde el devanado primario (32) del segundo transformador (31 a 34) al devanado secundario (34) del segundo transformador (31 a 34).
- 10 9. Dispositivo según una de las reivindicaciones 3 a 6, en el que el elemento emisor (60) y el elemento receptor (80) están concebidos para transmitir ópticamente la señal de sensor desde el elemento emisor (60) al elemento receptor (80).
- 15 10. Dispositivo según una de las reivindicaciones 3 a 9, en el que el elemento emisor (60) está dispuesto en un orificio (70) en un lado exterior del portaherramientas (10).
- 20 11. Dispositivo según una de las reivindicaciones 8 a 10, con una capacitancia (180) y/o inductancia conectada en paralelo al segundo transformador (31 a 34) para la compensación de una potencia de imagen que fluye entre un generador (120) y el portaherramientas (10).
12. Máquina herramienta para el mecanizado con arranque de virutas de una pieza de trabajo, con
- 25 el dispositivo según una de las reivindicaciones 3 a 11, y una carcasa (100) en la que están dispuestos tanto una parte estacionaria del dispositivo de transmisión de energía (30), que comprende el devanado primario (32) del segundo transformador (31 a 34) y un primer núcleo de carcasa (31) del segundo transformador (31 a 34), como el elemento receptor (80).
- 30 13. Procedimiento para la medición de parámetros de vibración ultrasónica de una herramienta (90) para el mecanizado por ultrasonidos con arranque de virutas de una pieza de trabajo, con los pasos:
- la provocación de una vibración ultrasónica de la herramienta (90) recibida en un portaherramientas (10);
 - la generación de una señal de sensor a base de la vibración ultrasónica de la herramienta (90) por medio de un equipo de sensor (40) en el portaherramientas (10);
 - 35 - la transferencia de la señal de sensor desde el equipo de sensor (40) a un elemento emisor (60), conectado al equipo de sensor (40), en el portaherramientas (10);
 - la transmisión de la señal de sensor desde el elemento emisor (60) a un elemento receptor (80) situado a una distancia del elemento emisor (60);
 - la transferencia de la señal de sensor desde el elemento receptor (80) a un dispositivo de evaluación de
 - 40 señal de sensor (110);
 - la evaluación de la señal de sensor en el dispositivo de evaluación de señal de sensor (110) para determinar los parámetros de vibración ultrasónica de la herramienta (90),
- caracterizado por que**
- 45 el equipo de sensor (40) presenta un elemento (41) de una sola pieza hecho de material piezoeléctrico y una pluralidad de segmentos de electrodo (42a) para la detección de componentes de vibración ultrasónica en la dirección axial de la herramienta (90) así como de componentes de vibración de flexión de la vibración ultrasónica de la herramienta (90).
- 50 14. Procedimiento según la reivindicación 13, en el que la señal de sensor es una tensión eléctrica causada por la vibración ultrasónica de la herramienta (90).
- 55 15. Procedimiento según una de las reivindicaciones 13 a 14, en el que durante la evaluación de la señal de sensor se determinan una frecuencia de la vibración ultrasónica de la herramienta (90) a partir de una frecuencia de la señal de sensor y/o una amplitud de la vibración ultrasónica de la herramienta (90) a partir de una amplitud de la señal de sensor.



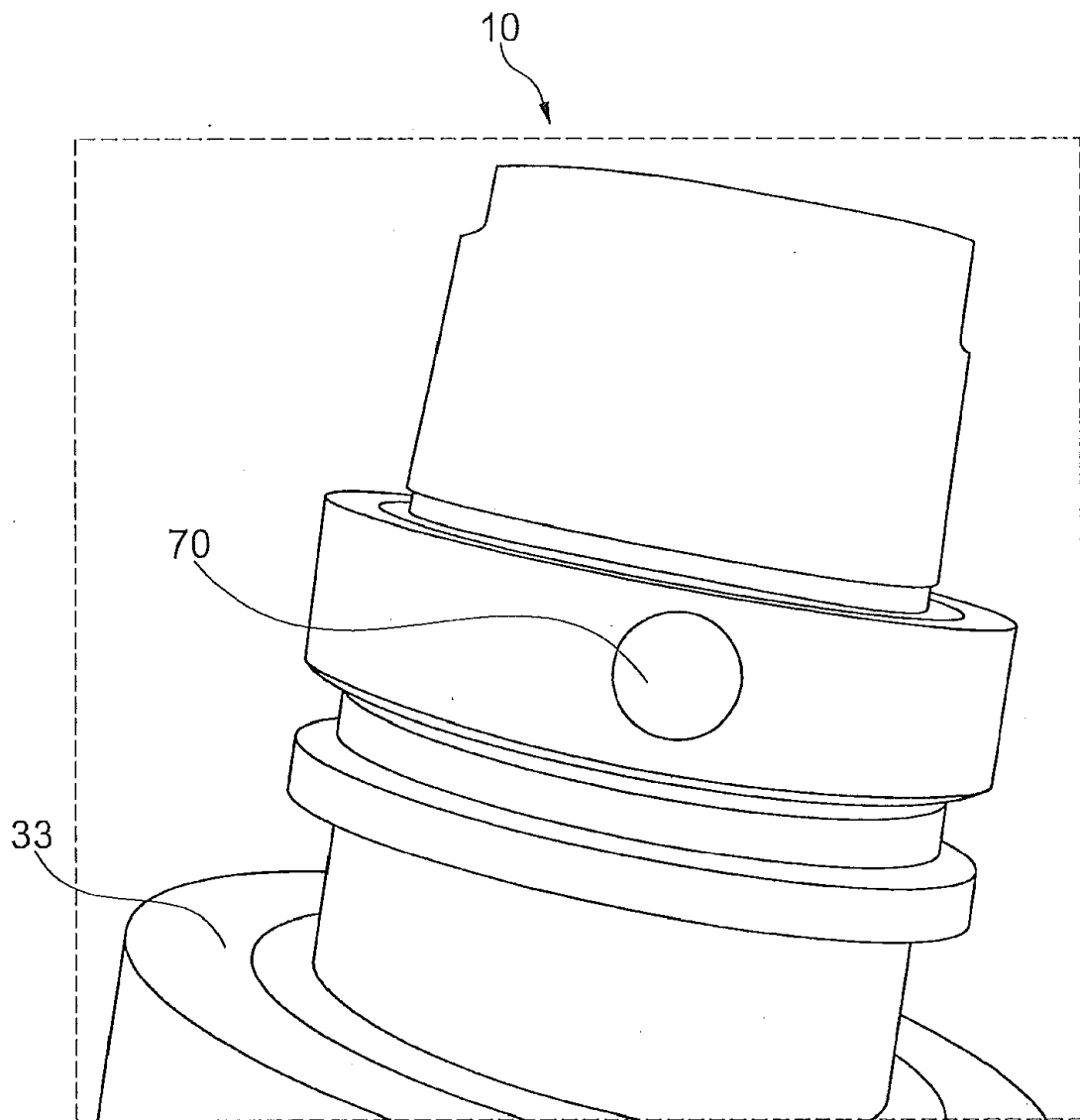


Fig. 2

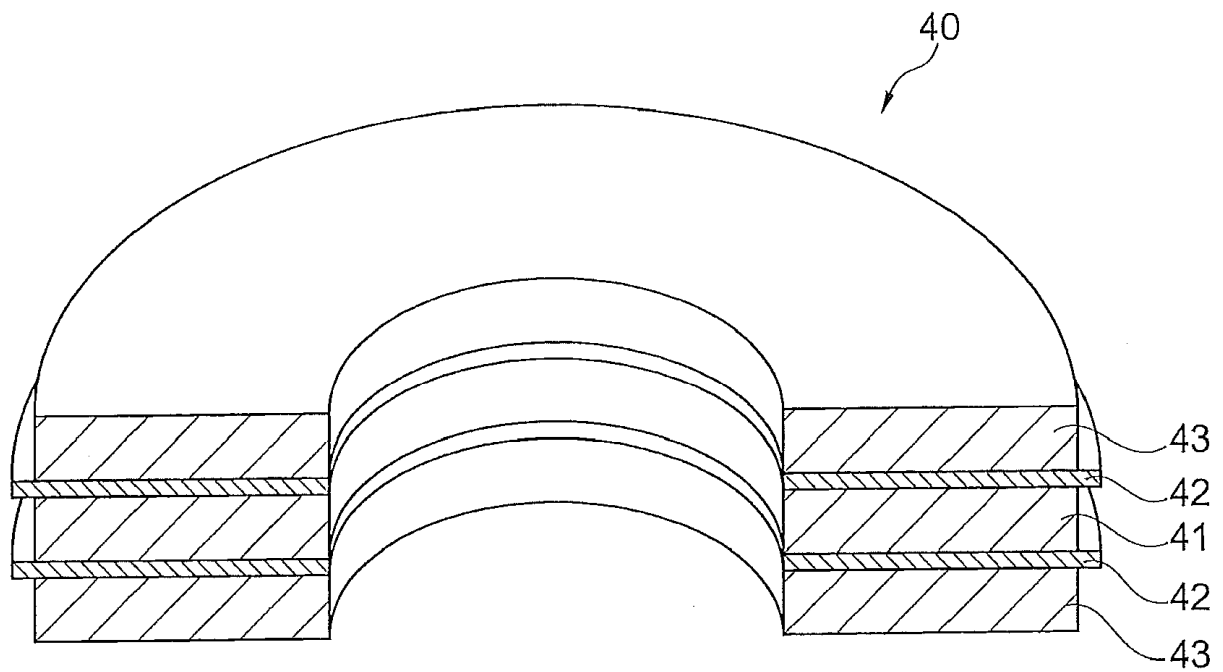


Fig. 3

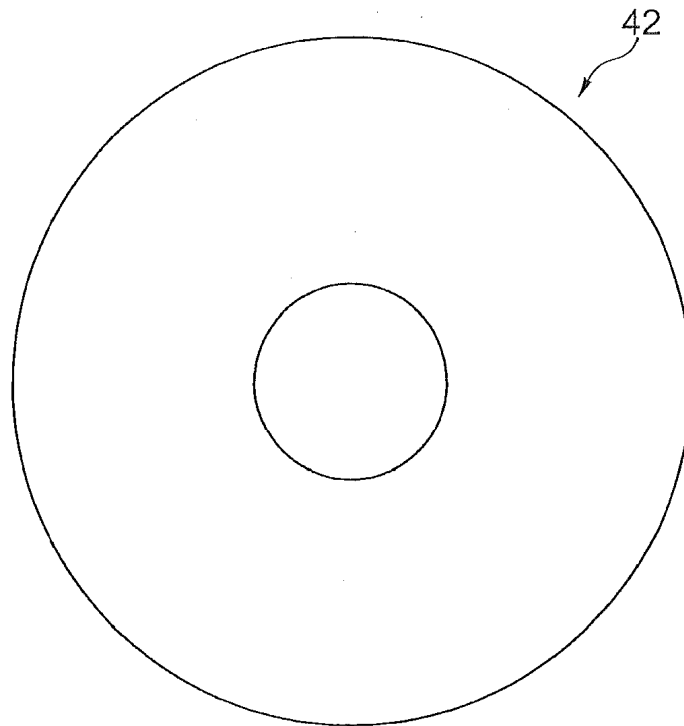


Fig. 4A

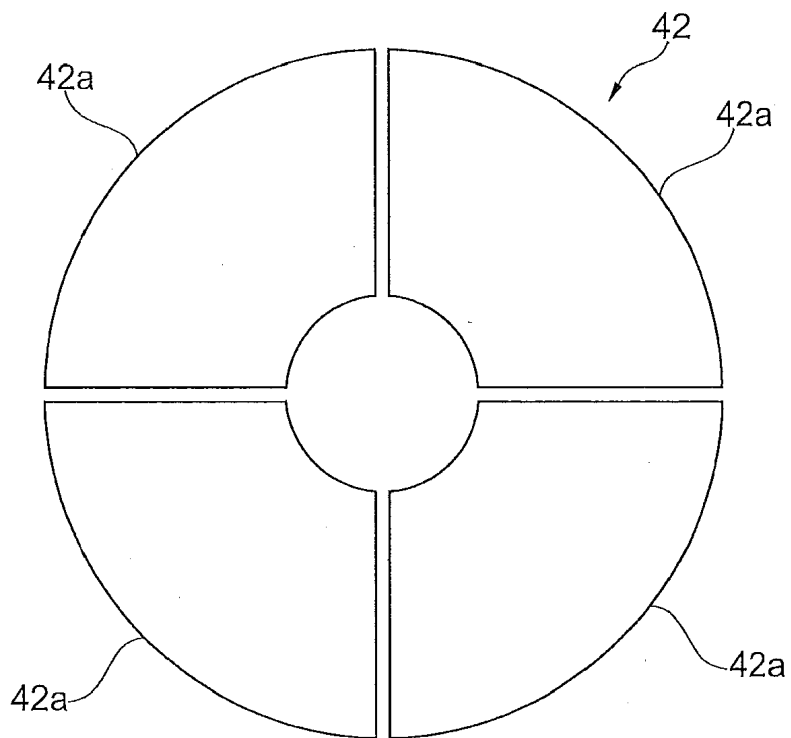


Fig. 4B

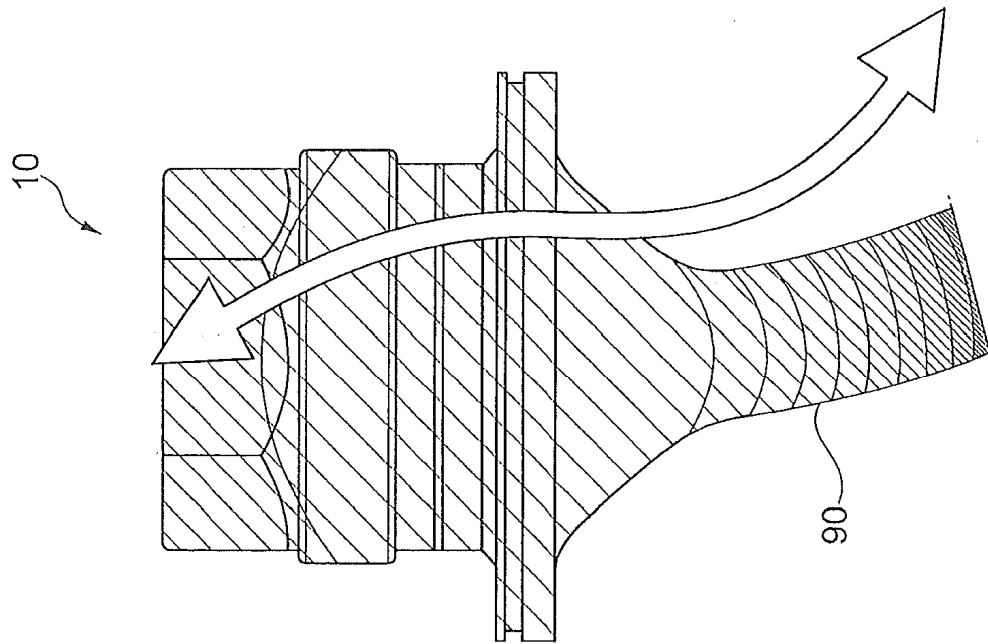


Fig. 5B

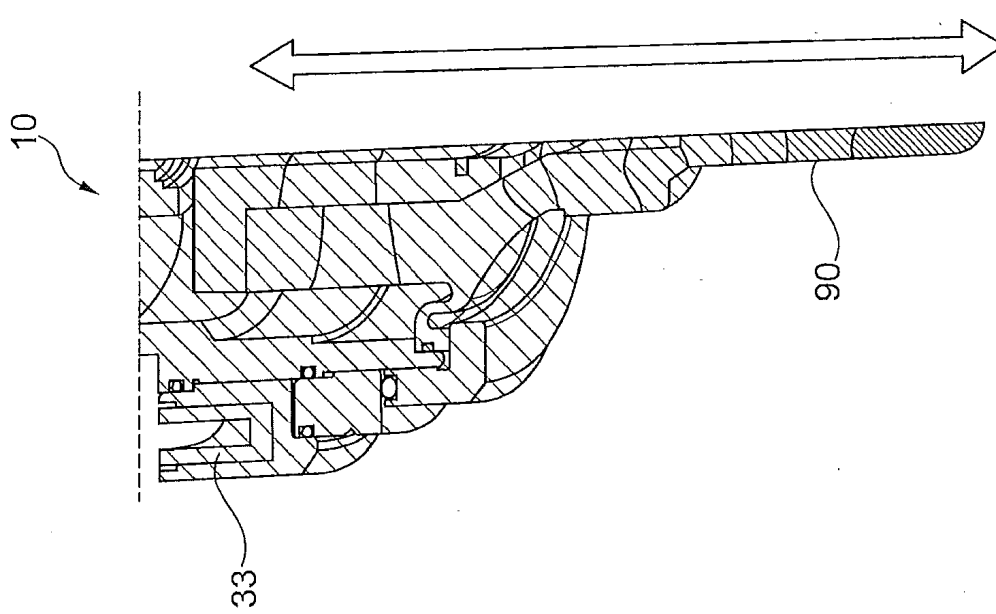


Fig. 5A

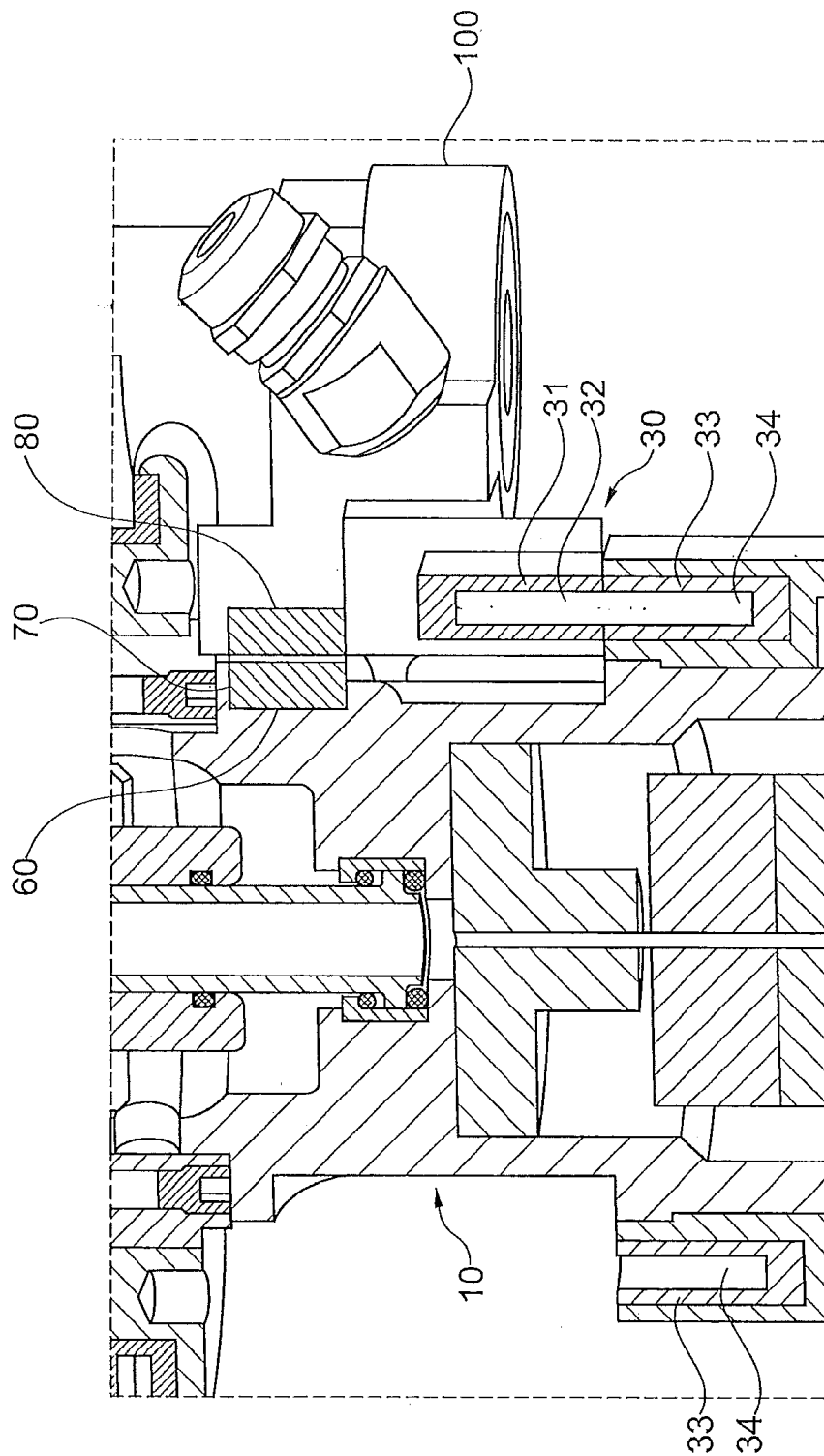


Fig. 6

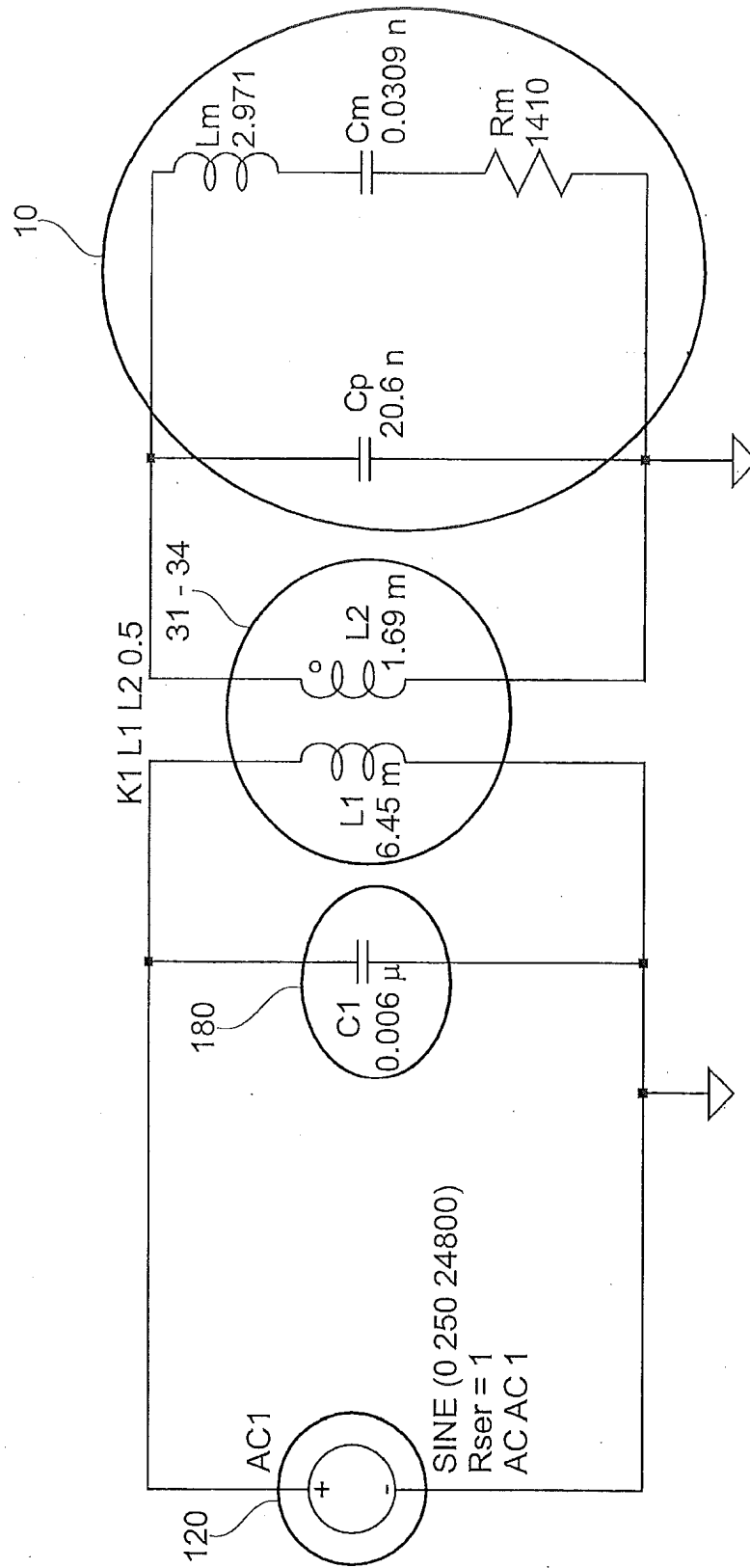


Fig. 7