

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 979 211**

51 Int. Cl.:

B23C 3/00 (2006.01)

B23Q 15/013 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.08.2017** **E 17185219 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.04.2024** **EP 3287217**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo de aplicación con una máquina herramienta de una estructuración de superficie a una pieza de trabajo**

30 Prioridad:

08.08.2016 DE 102016214697

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

24.09.2024

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

KETELAER, JENS

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 979 211 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo de aplicación con una máquina herramienta de una estructuración de superficie a una pieza de trabajo

- 5 La presente invención se refiere a un procedimiento para aplicar una estructuración de superficie a una superficie de una pieza de trabajo en una máquina herramienta. Además, la presente invención se refiere a una máquina herramienta en la que se puede llevar a cabo el procedimiento antes mencionado. La presente invención se refiere, además, a un producto de programa informático con el que se puede llevar a cabo el procedimiento mencionado anteriormente.

Antecedentes de la invención

- 10 Por el documento DE 10 2012 002 140 B4 se conoce un procedimiento genérico, en particular un procedimiento de planeado, para aplicar una estructuración de superficie a una superficie de una pieza de trabajo. Una estructuración o bien marcado de superficie de este tipo puede servir, por ejemplo, para fines decorativos o para codificar el componente o bien la pieza de trabajo, p. ej., aplicando patrones de imagen y/o de texto a la superficie de la pieza de trabajo.

- 15 En este caso se puede utilizar una herramienta de fresado o bien planeado en una máquina herramienta que, p. ej., presenta un filo cortante que sobresale axialmente, que no se encuentra en el eje de la herramienta y que al accionar la herramienta gira alrededor del eje de la herramienta. A diferencia del simple planeado, la herramienta de fresado presenta, p. ej., una punta, que puede estar formada, por ejemplo, por un filo cortante de la fresa que sobresale de la herramienta de fresado y que, eventualmente, puede crearse mediante rectificado o desmontaje de las partes del filo cortante restantes.

- 20 Durante el proceso de planeado se estructura la superficie de la pieza de trabajo, es decir, la herramienta (p. ej. una fresa de mango o un cabezal de corte u otra herramienta de fresado) se mueve en un movimiento de corte giratorio en el lado frontal sobre una pieza de trabajo y en este caso se mueve mediante uno o más ejes de la máquina (ejes lineales y/o giratorios) de la máquina herramienta. La punta o bien el filo cortante que sobresale de la herramienta de fresado que gira alrededor del eje de la herramienta no se encuentra en el centro de rotación de la herramienta, sino más lejos. La posición exacta de la punta sobre la superficie de la pieza de trabajo se puede determinar a partir de la posición del centro de la herramienta (p. ej., el llamado punto central de la herramienta) y del ángulo de giro actual de la herramienta.

- 25 Si en las posiciones especificadas según el patrón deseado se produce una breve desviación en forma de impulso de la punta axialmente hacia adelante en dirección al eje de la herramienta, esta punta de la herramienta presiona un punto de imagen en la superficie de la pieza de trabajo. A través de desviaciones múltiples y precisas se puede crear de esta forma cualquier patrón de píxeles predeterminado (p. ej., un patrón de imagen y/o de texto).

- 30 En el procedimiento conocido por el documento DE 10 2012 002 140 B4 del estado de la técnica, sin embargo, las dimensiones del cabezal de herramienta que aloja la herramienta deben ser relativamente grandes. El procedimiento descrito se basa en que un actuador piezoeléctrico se desvía mediante una tensión de impulso rectangular. Dado que en este caso la desviación de la tensión y la longitud de la pila piezoeléctrica son directamente proporcionales, la herramienta debe dimensionarse automáticamente muy grande y debe proporcionarse una alta potencia y energía.

- 35 Además, las señales de tensión en forma de impulsos necesarias no pueden transmitirse mediante una transmisión de energía o señal inductiva o bien sin contacto, ya que la señal siempre se ve influenciada por las inductancias. Si se transmiten secuencias de impulsos cortas de forma inductiva a bajas frecuencias (aprox. 1 a 5 kHz), la señal se distorsiona de manera desventajosa debido a las altas inductancias, de modo que el patrón o bien la estructuración de la superficie no se aplica con la calidad de imagen deseada. Sin embargo, si se utilizan anillos colectores para la transmisión de señales bajo contacto, entonces esto resulta especialmente desventajoso en la práctica industrial debido a la susceptibilidad al mantenimiento debido al desgaste y la contaminación.

- 40 Además, la solicitud de patente alemana DE 10 2013 103 843 A1 da a conocer un procedimiento para producir una superficie de una pieza de trabajo que porta un recubrimiento y que está destinada a ser una superficie deslizante o superficie de rodamiento, en donde en un primer paso del procedimiento se practica un agujero en la pieza de trabajo mediante mecanizado con arranque de virutas usando el procedimiento de husillo fino y luego tiene lugar una estructuración activa mediante excitación por vibración superpuesta al mecanizado con arranque de virutas con una herramienta de mecanizado,

- 45 Por la solicitud de patente alemana DE 10 2010 048 638 A1 se conoce una herramienta ultrasónica en la que una herramienta realiza un movimiento de trabajo con respecto a una pieza de trabajo, superponiéndose al movimiento de trabajo una vibración. El documento EP 2 946 859 A1 describe un procedimiento y un dispositivo para la producción de piezas de trabajo por ultrasonidos.

- 50 Por lo tanto, en el procedimiento conocido por el estado de la técnica existen desventajas como un cabezal de herramienta grande (y, por lo tanto, mal dimensionado) así como una transmisión de energía por cable (o realizada mediante anillos colectores).

Sumario de la invención

- Con el fin de evitar las desventajas descritas anteriormente del procedimiento previamente conocido para aplicar una estructuración de superficie a una superficie de una pieza de trabajo, es misión de la presente invención proporcionar un procedimiento mejorado para aplicar una estructuración de superficie a una superficie de una pieza de trabajo, que pueda realizarse con dimensiones más pequeñas y compactas de la herramienta, del portaherramientas o bien del cabezal de herramienta, así como con una transmisión de energía o de señal mejorada y una mayor calidad de imagen del patrón aplicado.
- Para resolver el problema descrito anteriormente, se propone según la invención un procedimiento para aplicar una estructuración de superficie a una superficie de una pieza de trabajo según la reivindicación 1. También se proponen de forma subordinada una máquina herramienta según la reivindicación 10 y un producto de programa informático según la reivindicación 11. Además, también puede proporcionarse de forma subordinada un cabezal de herramienta con un demodulador. Las reivindicaciones dependientes se refieren a realizaciones ejemplares preferidas de la invención.
- La invención se basa en la idea de que una señal de control de un procedimiento para aplicar una estructuración de superficie a una superficie de una pieza de trabajo para accionar un actuador estimulante de vibraciones en un cabezal de una máquina herramienta se transmite al cabezal de herramienta no como una señal directa útil, sino que se transmite al cabezal de herramienta como señal de control modulada con la señal útil con una señal portadora de alta frecuencia. Esto permite el uso de transferencia de energía inductiva al cabezal de herramienta, de modo que el cabezal de herramienta puede diseñarse para que requiera menos mantenimiento y sea más compacto.
- En particular, de esta forma se puede proporcionar un procedimiento mejorado para aplicar una estructuración de superficie a una superficie de una pieza de trabajo, que se puede implementar con dimensiones más pequeñas y más compactas de la herramienta, del portaherramientas o del cabezal de herramienta, así como con una transferencia de energía o bien transmisión de señales mejorada y mayor calidad de imagen del patrón aplicado.
- Según una ejecución preferida y conveniente de la invención, los datos que indican el patrón predeterminado pueden comprender datos de imágenes, en particular datos de imágenes de mapas de bits. Esto tiene la ventaja de que el patrón se puede especificar de forma fácil y eficaz.
- Según una ejecución preferida y conveniente de la invención, el actuador se activa en función de la señal de control modulada. Esto tiene la ventaja de que se pueden utilizar cabezales de herramientas ultrasónicos pequeños, compactos y fiables para el procedimiento, incluso si no presentan un circuito para demodulación.
- Según una ejecución preferida y conveniente de la invención, alternativamente se activa el actuador después de la demodulación de la señal de control en función de la señal útil. Esto tiene la ventaja de que se puede mejorar aún más la calidad de imagen del patrón aplicado.
- Según una ejecución preferida y conveniente de la invención, la señal portadora de alta frecuencia se modula en amplitud y/o se modula en frecuencia en función de la señal útil.
- Según una ejecución preferida y conveniente de la invención, la señal portadora presenta una frecuencia en el intervalo de los ultrasonidos. La frecuencia de la señal portadora puede ser preferentemente superior a 10 kHz, en particular superior a 15 kHz y preferentemente inferior a 60 kHz. La señal portadora puede ser preferiblemente esencialmente sinusoidal.
- Según una ejecución preferida y conveniente de la invención, la estructuración de superficie presenta un patrón correspondiente al patrón predeterminado.
- Según una ejecución preferida y conveniente de la invención, el actuador está configurado para provocar una vibración rotacional alrededor de la dirección axial de la herramienta de fresado (eventualmente además de una vibración axial).
- Según una ejecución preferida y conveniente de la invención, el actuador comprende uno o varios elementos piezoeléctricos, en particular una pila de varios elementos piezoeléctricos en forma de plaquita. De este modo, el actuador puede diseñarse de forma especialmente sencilla y fiable.
- Según una ejecución preferida y conveniente de la invención, la herramienta se mueve perpendicularmente a un vector normal de la superficie de la pieza de trabajo durante el movimiento de avance a lo largo de la superficie de la pieza de trabajo.
- Aunque la invención no se limita al hecho de que el actuador del cabezal de herramienta se alimente con la señal de control demodulada sin los componentes de la señal portadora, sino que es también posible que el procedimiento se pueda llevar a cabo de una manera particularmente sencilla emitiendo la señal de control modulada directamente al actuador, por ejemplo, por razones de una calidad de la superficie deseada, alimentar la señal útil o la señal de control demodulada al actuador.

En este contexto, según ejemplos de realización, se propone un cabezal de herramienta para una máquina herramienta, que está configurado para alojar una herramienta de fresado con al menos un filo cortante que sobresale en un portaherramientas, y que comprende un actuador que está configurado para accionar una vibración de la herramienta de fresado basándose en la señal de control, en donde la señal de control presenta una señal portadora de alta frecuencia y una señal útil que modula la señal portadora, que se genera sobre la base de datos que indican el patrón predeterminado.

Además, el cabezal de herramienta puede presentar un dispositivo de demodulación (p. ej., un circuito de demodulación) que está configurado para demodular la señal de control modulada recibida desde el dispositivo de control de la máquina herramienta en el cabezal de herramienta, o bien demodulando la señal de control modulada para reconstruir la señal útil (sin o bien esencialmente sin componentes de la señal portadora) y para introducir la señal de control demodulada o bien la señal útil reconstruida al actuador para controlar la vibración de la herramienta basándose en la señal de control demodulada o bien la señal útil reconstruida.

Otros aspectos y sus ventajas, así como ventajas y opciones de realización más específicas de los aspectos y características descritos anteriormente se describen a continuación, pero de ninguna manera restrictiva, descripciones y explicaciones de las figuras adjuntas.

Breve descripción de las figuras

- La Fig. 1 muestra a modo de ejemplo un portaherramientas (cabezal de herramienta) en una vista en sección, que se puede utilizar en el procedimiento según la invención según ejemplos de realización;
- la Fig. 2 muestra a modo de ejemplo una representación esquemática de una máquina herramienta con un portaherramientas (cabezal de herramienta), que se puede utilizar en el procedimiento según la invención según ejemplos de realización;
- la Fig. 3A muestra a modo de ejemplo un diagrama de flujo de un procedimiento para transmitir una señal de control en un procedimiento para aplicar una estructuración de superficie a una superficie de una pieza de trabajo en una máquina herramienta según un ejemplo de realización;
- la Fig. 3B muestra a modo de ejemplo un diagrama de flujo de un procedimiento para transmitir una señal de control en un procedimiento para aplicar una estructuración de superficie a una superficie de una pieza de trabajo en una máquina herramienta según un ejemplo de realización adicional;
- la Fig. 4A muestra a modo de ejemplo un diagrama de flujo de un procedimiento para recibir una señal de control y aplicar una estructuración de superficie a una superficie de una pieza de trabajo en una máquina herramienta según un ejemplo de realización;
- la Fig. 4B muestra a modo de ejemplo un diagrama de flujo de un procedimiento para recibir una señal de control y aplicar una estructuración de superficie a una superficie de una pieza de trabajo en una máquina herramienta según un ejemplo de realización adicional; y
- la Fig. 5 muestra, a modo de ejemplo, ejemplos de una señal portadora, una señal útil, una señal de control modulada en amplitud y una señal de control modulada en frecuencia según ejemplos de realización.

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

A continuación se detallan ejemplos o bien ejemplos de realización de la presente invención con referencia a las figuras adjuntas. Elementos iguales o bien similares en las figuras pueden designarse con los mismos símbolos de referencia, no obstante a veces también con símbolos de referencia diferentes.

Cabe destacar que la presente invención no se limita ni restringe de modo alguno a los ejemplos de realización descritos a continuación y a sus características de realización, sino que comprende, además, modificaciones de los ejemplos de realización, en particular aquellas que están comprendidas por modificaciones de las características de los ejemplos descritos o bien combinando una o más de las características de los ejemplos descritos dentro del alcance de protección de las reivindicaciones independientes.

La Fig. 1 muestra una estructura a modo de ejemplo de un portaherramientas 10 (cabezal de herramienta) que puede usarse en el procedimiento según la invención.

En un extremo del portaherramientas 10 se encuentra una sección de alojamiento de herramientas 11 para alojar una herramienta 90 (no mostrada en la Fig. 1). En el portaherramientas 10 están dispuestos apilados, a modo de ejemplo, varios, por ejemplo, seis primeros elementos piezoeléctricos 21 en forma de disco perforado, que están conectados a modo de ejemplo con la sección 11 de alojamiento de herramientas a través de una sección 12 de transmisión y forman, a modo de ejemplo, un transductor 20 de ultrasonidos (generador/actuador de ultrasonidos) para convertir una tensión eléctrica en una vibración mecánica (p. ej. con una frecuencia en el rango ultrasónico).

A modo de ejemplo, la vibración mecánica de los primeros elementos piezoeléctricos 21 se transmite a la herramienta 90 a través de la sección de transmisión 12. Los primeros elementos piezoeléctricos 21 pueden estar configurados, por ejemplo, como discos piezocerámicos con electrodos colocados entre ellos.

5 El suministro de energía o bien el control del transductor ultrasónico 20 se realiza, a modo de ejemplo, a través de un transformador (primer transformador), que comprende, a modo de ejemplo, un primer núcleo de carcasa 31 y un devanado primario 32 (unidad de transmisión/bobina de transmisión) en el lado de la máquina (no mostrado en la Fig. 1) y, a modo de ejemplo, un segundo núcleo de carcasa 33 en el lado de la herramienta y una bobina secundaria 34 (unidad receptora/bobina receptora), que están dispuestos, a modo de ejemplo, como elementos anulares en el lado exterior del portaherramientas 10.

10 En un lado de la pila de primeros elementos piezoeléctricos 21, alejado de la sección de alojamiento de herramientas 11, está dispuesto, por ejemplo, un elemento sensor piezoeléctrico 40 en forma de disco perforado, que comprende, a modo de ejemplo, un elemento piezoeléctrico 41 y dos contactos 42 y que está, a modo de ejemplo, acoplado mecánicamente con los primeros elementos piezoeléctricos 21, pero está aislado eléctricamente de los primeros elementos piezoeléctricos 21 mediante un elemento aislante 43, que puede consistir en un disco cerámico perforado. Mediante otro elemento aislante
15 43 se aísla eléctricamente el elemento sensor piezoeléctrico 40, a modo de ejemplo, de un elemento de fijación 13, por ejemplo de una tuerca de fijación.

El elemento de fijación 13 sirve para fijar el elemento sensor piezoeléctrico 40 al transductor ultrasónico 20 (generador/actuador de ultrasonidos) así como para pretensar los primeros elementos piezoeléctricos 21 debido a la carga dinámica.

20 Los primeros elementos piezoeléctricos 21 y el elemento sensor piezoeléctrico 40 están orientados de la misma manera, lo que permite, por un lado, generar y detectar la vibración en la misma dirección y, por otro lado, se consigue una disposición de los elementos que ahorra espacio en el portaherramientas 10 (cabezal de herramienta).

El elemento sensor piezoeléctrico 40 convierte las vibraciones mecánicas del sistema oscilatorio, que comprende la herramienta 90, la sección de transmisión 12, el transductor ultrasónico 20 y el elemento sensor piezoeléctrico 40, en una
25 señal de sensor que, a modo de ejemplo, se transmite como una tensión eléctrica a través de una conexión de cable 50 desde el elemento sensor piezoeléctrico 40 a través del portaherramientas 10 a un elemento transmisor en el lado exterior del portaherramientas 10.

Desde el elemento transmisor 61 y 62 en un taladro 70 se transmite la señal del sensor, a modo de ejemplo sin contacto, a un elemento receptor del lado de la máquina (no representado en la Figura 1).

30 El elemento transmisor 61 y 62 es, por ejemplo, parte de otro transformador (segundo transformador) y comprende, a modo de ejemplo, un primer núcleo de ferrita y un devanado primario; el elemento receptor forma parte asimismo del segundo transformador y comprende un segundo núcleo de ferrita y un devanado secundario. Sin embargo, también es posible prever un elemento transmisor óptico.

35 De este modo, la señal del sensor se puede transmitir de forma inductiva desde el portaherramientas 10 a un dispositivo de evaluación de señales del sensor en el lado de la máquina.

La Fig. 2 muestra a modo de ejemplo una representación esquemática de una máquina herramienta 1000 según un ejemplo de realización de la invención, con un portaherramientas 10 (cabezal de herramienta), que se puede utilizar en el procedimiento según la invención según ejemplos de realización.

40 La máquina herramienta 1000 puede estar configurada, por ejemplo, como fresadora controlable numéricamente, fresadora universal controlable numéricamente o bien como centro de mecanizado controlable numéricamente. Para controlar un movimiento relativo entre la herramienta y la pieza de trabajo, la máquina herramienta puede presentar una pluralidad de ejes lineales controlables (normalmente denominados, por ejemplo, eje X, eje Y y/o eje Z) y/o uno o más ejes pivotantes o giratorios (por norma general, por ejemplo, se denominan eje A, eje B y/o eje C).

45 A modo de ejemplo, la máquina herramienta 1000 de la Fig. 2 presenta un lecho de máquina 1010, un soporte de máquina 1020 y un cabezal de husillo 1030, portando el lecho de máquina 1010, a modo de ejemplo, una mesa de piezas de trabajo 1050 y el cabezal de husillo 1030 porta, a modo de ejemplo, un husillo de trabajo 1040.

La mesa de herramientas 1050 está montada, a modo de ejemplo, de manera que pueda desplazarse linealmente en la dirección horizontal sobre guías lineales horizontales 1050, que están dispuestas en el lecho de máquina 1010 en una
50 dirección horizontal, y puede controlarse de manera desplazable a través de un accionamiento lineal 1052 de un primer eje lineal de la máquina herramienta 1000. A modo de ejemplo, una pieza de trabajo WS está sujeta en un dispositivo de sujeción de piezas de trabajo 1053 sobre la mesa de herramientas.

El cabezal de husillo 1030 está montado, a modo de ejemplo, de manera que pueda desplazarse linealmente en la dirección vertical sobre guías lineales verticales 1050, que están dispuestas en el soporte de la máquina 1020 en una dirección
55 vertical, y puede controlarse de manera móvil a través de un accionamiento lineal 1032 de un segundo eje lineal de la máquina herramienta 1000, de modo que se pueda desplazar verticalmente el husillo de trabajo 1040, en el que está

alojado un cabezal de herramienta 10 (portaherramientas) que sostiene una herramienta 90.

En otros ejemplos de realización pueden estar previstos uno o varios ejes lineales adicionales, por ejemplo para permitir adicionalmente un movimiento lineal de la pieza de trabajo con respecto a la herramienta en dirección perpendicular al plano del dibujo de la Fig. 2.

- 5 Además, se pueden proporcionar uno o más ejes pivotantes o bien giratorios, por ejemplo un eje giratorio con un accionamiento de eje giratorio para girar la mesa de herramientas 1050 (la llamada mesa giratoria).

Mediante los ejes lineales y eventualmente pivotantes o giratorios descritos anteriormente o bien sus accionamientos se puede controlar un movimiento relativo de la herramienta 90 con respecto a la pieza de trabajo WS.

- 10 Para ello, un dispositivo de control 1100 de la máquina herramienta 1000 presenta un dispositivo de control de máquina 1110, que comprende, a modo de ejemplo, un dispositivo de control CNC o NC 1112, que está configurado para controlar las funciones o bien procesos de mecanizado, por ejemplo sobre la base de datos NC almacenados en un dispositivo de almacenamiento 111 de la máquina herramienta 1000. Además, el dispositivo de control 1110 de la máquina presenta, a modo de ejemplo, un dispositivo PLC o bien SPS 1113 ("PLC" siglas inglesas de controlador lógico programable o bien "SPS" siglas inglesas de controlador lógico programable).

- 15 De manera especialmente preferente, el dispositivo PLC o bien SPS 1113 está configurado para transmitir señales de control a actuadores de la máquina herramienta basándose en órdenes de control del dispositivo de control NC 1112 o también, eventualmente, independientemente del dispositivo de control NC 1112, así, por ejemplo, a los accionamientos lineales 1052 o bien 1032 de los ejes lineales o bien, en general, a los accionamientos de los ejes de la máquina o también al accionamiento de husillo 1042 del husillo de trabajo 1040.

- 20 Además, el dispositivo PLC o bien SPS 1113 está configurado para recibir o leer señales de sensor de sensores de medición de la posición (no mostrados) de la máquina herramienta 1000, que indican las posiciones reales de los accionamientos y/o ejes de la máquina medidas en tiempo real durante el mecanizado y, eventualmente, al dispositivo de control NC 1112. El dispositivo PLC o bien SPS 1113 también se puede configurar para permitir que otros aparatos o dispositivos internos o externos de la máquina lean datos de posición en el dispositivo PLC o bien SPS 1113, que indican las posiciones reales de los accionamientos y/o los ejes de la máquina.

Además del accionamiento de husillo 1042 ya mencionado anteriormente, el husillo de trabajo 1040 presenta, además, un portaherramientas 1041 (sección de alojamiento de herramientas), en el que se aloja el cabezal de herramienta 10 y puede ser accionado en rotación por medio del accionamiento de husillo 1042 (en particular para generar el movimiento de corte).

- 30 El cabezal de herramienta 10 se representa solo esquemáticamente y presenta, a modo de ejemplo, un cuerpo de interfaz de herramienta 14 (por ejemplo, un cono de herramienta o bien un cono de mango de ajuste o hueco o también un cono Morse u otras interfaces de herramienta), con el que el cabezal de herramienta 10 está alojado en el alojamiento para herramienta 1041 del husillo de trabajo 1040. Por ejemplo, el cabezal de herramienta 10 puede estar configurado de forma análoga a la Fig. 1. A diferencia del portaherramientas 10 del ejemplo de realización según la Fig. 1, el cabezal de herramienta 10 de la Fig. 2 presenta, además, un demodulador 15, que se describirá con más detalle más adelante.

- 35 El cabezal de herramienta 10 presenta una unidad receptora inductiva 32 (por ejemplo, análoga a la bobina o bien devanado secundario 34 de la Fig. 1) para la recepción sin contacto o inductiva de una señal de control de la unidad transmisora 32 (bobina o bien devanado primario), que está conectada al cabezal del husillo (o al husillo).

- 40 Según la invención, el cabezal de herramienta 10 en la Fig. 2 presenta, además, un actuador 20 (por ejemplo, un transformador de ultrasonidos o bien generador de ultrasonidos que comprende, eventualmente a modo de ejemplo, uno o más elementos piezoeléctricos), el cual está diseñado para hacer vibrar el cabezal de herramienta 10 y/o la herramienta 90, alojada en el cabezal de herramienta 10, en la dirección del eje 92 de la herramienta, preferiblemente en particular en el rango ultrasónico, es decir, en particular a frecuencias ultrasónicas o bien a frecuencias superiores a 10 kHz o bien, en particular, por ejemplo, por encima de 15 kHz, por ejemplo hasta 60 kHz.

- 45 A modo de ejemplo, el cabezal de herramienta 10 en la Fig. 2 presenta, además, un demodulador 15 (por ejemplo, un circuito demodulante, eventualmente con un microcontrolador), antepuesto al actuador 20, el cual está demodulado con una señal de control recibida a través de la unidad receptora 32 o bien reconstruye una señal portadora con la cual se modula una señal portadora de alta frecuencia en el lado del dispositivo de control.

Sin embargo, la invención no se limita a cabezales de herramientas con demodulador 15, sino que en otros ejemplos de realización la señal de control modulada también puede introducirse directamente en el actuador.

- 50 El cabezal de herramienta 10 presenta, además, la sección de alojamiento de herramienta 11, en la que se aloja o sujeta la herramienta de fresado 90. La herramienta 90 presenta un eje 92 de la herramienta alrededor del cual la herramienta es accionada en rotación a través del accionamiento de husillo 1042. La punta 91 de la herramienta está formada, a modo de ejemplo, por un filo cortante de la fresa que está dispuesta sobresaliendo en dirección axial del eje 92 de la herramienta en el lado exterior de la herramienta de fresado 90, es decir, en particular a una distancia del eje 92 de la herramienta.
- 55 Cuando la herramienta 90 es accionada para girar, el filo cortante de la fresa o punta 91 de la herramienta gira alrededor

del eje 92 de la herramienta.

Para accionar el actuador 20 o bien para controlar la vibración de la herramienta 90, el dispositivo de control 1100 de la máquina herramienta 1000 presenta un dispositivo de control 1120 adicional, que genera la señal de control y la envía a través de la unidad transmisora 32 al cabezal de herramienta 10 para la transmisión al dispositivo receptor 34 para el actuador 20. En otros ejemplos de realización, el dispositivo de control 1120 también puede estar integrado en el dispositivo de control de la máquina 1110 y/o puede comprender un dispositivo de procesamiento de datos externo, por ejemplo una computadora, o puede estar configurado por un dispositivo de procesamiento de datos conectado externamente, por ejemplo una computadora.

El dispositivo de control 1120 comprende, a modo de ejemplo, un generador 1124 para generar la señal portadora de alta frecuencia. La señal portadora de alta frecuencia puede ser, por ejemplo, una señal portadora sustancialmente periódica o bien preferiblemente sustancialmente sinusoidal, que presenta preferiblemente una frecuencia fija y/o una amplitud fija. La frecuencia de la señal portadora es de alta frecuencia (es decir, en particular con una frecuencia superior a 10 kHz, preferiblemente superior a 15 kHz) y preferiblemente se encuentra en el rango ultrasónico.

El dispositivo de control 1120 comprende, a modo de ejemplo, además un dispositivo de almacenamiento 1121 para almacenar datos de patrón que indican el patrón o bien patrón de imagen y/o de texto que se ha de aplicar a la superficie de la pieza de trabajo WS. Los datos de patrón pueden representar en este caso datos de imagen (por ejemplo, datos que almacenan un gráfico de mapa de bits u otros formatos de datos de imagen) que indican el patrón en un formato de datos de imagen.

Alternativamente, el dispositivo de control 1120 puede almacenar datos de posición del patrón en el dispositivo de almacenamiento 1121, que se generan en base a datos de patrón o bien datos de imagen que indican el patrón (por ejemplo, datos que almacenan un gráfico de mapa de bits u otros formatos de datos de imagen) y ya indica un relación posición-imagen/patrón, es decir, datos que indican posiciones en la superficie de la pieza de trabajo en la que se ha de aplicar el patrón de imagen y/o de texto, datos de posición del patrón que indican posiciones de desviación para una pluralidad de posiciones de corte de la punta 91 de la herramienta en la superficie de la pieza de trabajo WS basándose en el patrón predeterminado (por ejemplo, con alta desviación en posiciones del patrón y con baja o nula desviación en posiciones en donde no se va a aplicar patrón alguno). Esto se puede preparar y almacenar previamente, por ejemplo, en forma de una tabla.

A modo de ejemplo, el dispositivo de control 1120 comprende, además, un dispositivo de procesamiento de datos 1122, que está configurado para leer los datos del dispositivo de almacenamiento 1121 y, además, puede leer posiciones, en particular posiciones del eje, desde el dispositivo de control de la máquina 1110. Esto puede tener lugar preferentemente en tiempo real, por un lado, durante el mecanizado de la pieza de trabajo WS, con posiciones reales actuales de los ejes y accionamientos de la máquina herramienta 1000, por ejemplo, desde el dispositivo de control PLC o bien SPS 1113 (y/o desde el control NC 1112) preferiblemente se pueden registrar, por un lado, en tiempo real o, por otro lado, pueden leerse las posiciones teóricas actuales desde el control NC 1112.

En particular, el dispositivo de procesamiento de datos 1122 se configura preferiblemente en base a los datos de posición leídos del control de la máquina para calcular la posición del filo cortante de la punta 91 de la herramienta 90 con respecto a la pieza de trabajo WS (por ejemplo, basándose en la posición calculada del eje 92 de la herramienta, basándose en las posiciones de los ejes de la máquina herramienta 1000 y basándose en la posición angular del husillo de trabajo, en particular teniendo en cuenta la distancia de la punta de la herramienta al eje 92 de la herramienta).

Alternativamente, también es posible calcular la posición del eje 92 de la herramienta o bien la posición del filo cortante de la punta 91 de la herramienta en el control NC 1112 y leerla mediante el dispositivo de procesamiento de datos 1122.

En base a la posición del filo cortante calculada o leída de la punta 91 de la herramienta 90 con respecto a la pieza de trabajo WS y en comparación con los datos del dispositivo de almacenamiento 1121 que indican el patrón, el dispositivo de procesamiento de datos 1122 está configurado para determinar o bien calcular una desviación momentánea deseada de la herramienta 90 en base al patrón deseado en la posición de corte actual y enviarla a un generador de señal portadora 1123 como valor teórico.

Basándose en los cálculos o bien especificaciones del dispositivo de procesamiento de datos 1122, el generador de señales útiles 1123 genera una señal útil eventualmente continua con impulsos de baja frecuencia, en particular a frecuencias (medias) inferiores a 10 kHz y, de manera particularmente preferida, inferiores a 7 o bien, en particular, 5 kHz y preferiblemente en promedio mayor que aproximadamente 1 kHz. Los impulsos de la señal útil pueden estar configurados, por ejemplo, de forma rectangular (véase, por ejemplo, la Fig. 5), pero los impulsos de la señal útil también pueden tener forma gaussiana o corresponder a una media onda sinusoidal.

Además, el dispositivo de control 1120 comprende también un modulador 1125 (o bien circuito modulador, eventualmente con un microcontrolador), que está configurado para modular la señal portadora de alta frecuencia generada por el generador 1124 con la señal útil generada por el generador de señal útil 1123 y, por tanto, basándose en las señales portadoras y útiles para generar la señal de control modulada que se ha de enviar al cabezal de herramienta 10.

En este caso, es posible modular la señal portadora con la señal útil mediante modulación de amplitud. Sin embargo, también es posible modular la señal portadora con la señal útil mediante modulación de frecuencia. También son posibles combinaciones de modulación de amplitud y frecuencia. Si en el cabezal de herramienta 10 está previsto un demodulador 15, allí se puede reconstruir la señal útil y el tipo de modulación juega solo un papel secundario.

- 5 Sin embargo, en el caso de que el cabezal de herramienta 10 no incluya un demodulador y que la señal de control modulada sea entregada directamente al actuador 20, el tipo de modulación cambia la apariencia del patrón aplicado. En este caso, en ejemplos de realización, es posible que el operario pueda ajustar él mismo, según sus deseos y necesidades, si se debe utilizar una modulación de amplitud o de frecuencia o bien una combinación de las mismas.

- 10 Por un lado, en ejemplos de realización sin demodulador en el cabezal de herramienta, la señal portadora se puede modular con la señal útil mediante modulación de amplitud. Esto conduce, por ejemplo, a que debido a la mayor amplitud se genera una mayor desviación del actuador 20 en momentos de un impulso de la señal útil. Por consiguiente, los impactos del filo cortante de la herramienta de la punta 91 de la herramienta son más profundos en la superficie de la pieza de trabajo 90 en momentos de un impulso de la señal útil con una frecuencia constante de la señal portadora (mayor profundidad de penetración en el caso de un impulso de la señal útil), de modo que se pueda generar el patrón en la superficie mediante profundidades y alturas en la estructuración de superficie.

- 15 Sin embargo, en ejemplos de realización sin demodulador en el cabezal de la herramienta también es posible modular la señal portadora con la señal útil mediante la modulación de frecuencia. Esto conduce, por ejemplo, a que, debido a la mayor frecuencia de la señal de control, se genere una frecuencia diferente (preferiblemente mayor) del actuador 20 en momentos en que un impulso de la señal útil tiene una amplitud constante. Por consiguiente, los impactos del filo cortante de la herramienta de la punta 91 de la herramienta tienen la misma profundidad con la misma amplitud de desviación, pero a diferentes frecuencias (por ejemplo, mayor frecuencia para un impulso de la señal útil), de modo que en la superficie de la pieza de trabajo 90 el patrón en la superficie se puede generar mediante diferentes tonos en la estructura de la superficie.

- 20 También es posible, en ejemplos de realización sin demodulador en el cabezal de la herramienta, modular la señal portadora con la señal útil mediante modulación de la amplitud y la frecuencia. Esto conduce, por ejemplo, a que se genere una mayor frecuencia del actuador 20 en momentos de un impulso de la señal útil debido a la mayor frecuencia de la señal de control y, además, a una mayor desviación del actuador 20 que se genere en momentos de un impulso de la señal útil debido a la mayor amplitud. Por consiguiente, los impactos del filo cortante de la herramienta de la punta 91 de la herramienta son más profundos en la superficie de la pieza de trabajo 90 en momentos de un impulso de la señal útil (mayor profundidad de penetración en un impulso de la señal útil) y son los impactos del filo cortante de la herramienta de la punta 91 de la herramienta a diferentes frecuencias (por ejemplo, frecuencia más alta en un impulso de la señal útil), de modo que el patrón en la superficie pueda crearse mediante profundidades y alturas y mediante diferentes tonos en la estructura de la superficie.

La Fig. 5 muestra a modo de ejemplo ejemplos de una señal portadora, una señal útil, una señal de control modulada en amplitud y una señal de control modulada en frecuencia según ejemplos de realización.

- 35 En este caso se representan a modo de ejemplo una señal portadora sinusoidal de alta frecuencia V_{TS} y una señal útil periódica (solo a modo de ejemplo) V_{NS} con impulsos rectangulares a modo de ejemplo. Cabe señalar que la señal útil V_{NS} no presenta, por norma general, impulsos periódicos del mismo ancho de impulso, ya que la frecuencia de impulso y el ancho de impulso varían individualmente dependiendo del patrón respectivo.

- 40 La Fig. 5 muestra además, a modo de ejemplo, señales de control que se pueden generar mediante la modulación de la señal portadora V_{TS} en base a la señal útil V_{NS} , a saber, a modo de ejemplo, la señal de control modulada en amplitud V_{SS_am} y la señal de control modulada en frecuencia V_{SS_fm} .

La Fig. 3A muestra a modo de ejemplo un diagrama de flujo de un procedimiento para transmitir una señal de control en un procedimiento para aplicar una estructuración de superficie a una superficie de una pieza de trabajo WS en una máquina herramienta 1000 según un ejemplo de realización.

- 45 En el paso S301A, se proporcionan datos de patrón que indican el patrón de la estructuración de superficie predeterminada a aplicar. Estos pueden ser, por ejemplo, datos de imagen que indican el patrón de texto y/o de imagen que se ha de aplicar (por ejemplo, datos gráficos de mapa de bits o datos de imagen en otro formato de datos de imagen, por ejemplo como un archivo JPEG).

- 50 En el paso S302, se proporcionan datos de control de la máquina para controlar el movimiento de avance de la herramienta 90 con respecto a la pieza de trabajo WS. Esto puede incluir, por ejemplo, datos NC (por ejemplo, uno o más programas NC) que describen un movimiento de avance de la herramienta a lo largo de la superficie de la pieza de trabajo WS, por ejemplo para realizar un proceso de planeado sobre la superficie de la pieza de trabajo WS. En el caso de que la pieza de trabajo presente una superficie de forma libre, la pieza de trabajo WS se mecaniza preferiblemente en la superficie de forma libre de tal manera que los datos de control de la máquina indiquen un movimiento de avance en el que el eje 92 de la herramienta está alineado en todo momento coaxialmente con el respectivo vector normal (que modifica la orientación) de la pieza WS. En el caso de una superficie de la pieza de trabajo plana en el lugar del patrón a aplicar, los movimientos de avance se llevan a cabo preferiblemente con una orientación constante del eje 92 de la herramienta, perpendicular a la superficie de la pieza de trabajo.

En el paso S303, el control de la máquina 1110 lleva a cabo el movimiento de avance de la herramienta 90 con respecto a la pieza de trabajo WS en base a los datos de control de la máquina.

Durante el mecanizado y el movimiento de avance llevado a cabo, los datos de posición actuales se determinan en tiempo real en el paso S304 (véase arriba), que directa o indirectamente (es decir, por ejemplo después del cálculo a partir de los datos de posición) indican la posición del eje 92 de herramienta de la herramienta 90 o bien la posición de la herramienta 90.

En el paso S305, al mismo tiempo que el paso S305, se determinan datos de ángulo que directa o indirectamente (es decir, por ejemplo, después del cálculo a partir de los datos de ángulo) indican la posición angular de la herramienta 90 o la punta 91 de la herramienta.

En el paso S306, la posición de corte actual de la punta 91 de la herramienta 90 se determina o bien calcula basándose en los datos de la posición y el ángulo. Por consiguiente, en este momento se conoce la posición de la punta 91 de la herramienta 90 por encima de la superficie de la pieza de trabajo.

En base a la posición del filo cortante actual determinada de la punta 91 de la herramienta 90, la señal útil correspondiente se genera en el paso S307A en base a los datos de patrón predeterminados, en particular, por ejemplo, de tal manera que la señal útil esté en posiciones del patrón (o bien cuando la punta de la herramienta está en una posición del patrón) tiene un impulso de desviación o impulso (una amplitud mayor o bien alta) y no presenta impulso de desviación o impulso (es decir, una amplitud menor o baja) en otras posiciones (o bien cuando la punta de la herramienta no está en una posición del patrón).

En el paso S308, la señal portadora de alta frecuencia se modula con la señal útil y se genera la señal de control modulada, que luego se transmite a la unidad receptora 34 del cabezal de herramienta 10 en el paso S309.

En el ejemplo anterior, la señal útil se genera en tiempo real en el paso S307A basándose en los datos del patrón (por ejemplo, datos de imagen o bien datos de imagen de mapa de bits). En otros ejemplos de realización, por ejemplo, antes del procesamiento, se puede generar otro tipo de datos, que se generan en base a datos de patrón (por ejemplo, datos de imagen o datos de imágenes de mapa de bits) e indican posiciones en la superficie de la herramienta (por ejemplo, en el sistema de coordenadas de la máquina herramienta)) en donde se ha de aplicar el patrón. Esto puede ser, por ejemplo, una tabla. En particular, estos pueden ser datos (datos de posición del patrón) que se generan en base a datos de imagen e indican posiciones del patrón (por ejemplo, posiciones de píxeles) en la superficie de la pieza de trabajo WS en el sistema de coordenadas de la pieza de trabajo y/o de la máquina herramienta.

La Fig. 3B muestra a modo de ejemplo un diagrama de flujo de un procedimiento para transmitir una señal de control en un procedimiento para aplicar una estructuración de superficie a una superficie de una pieza de trabajo en una máquina herramienta según un ejemplo de realización adicional.

En el paso 301B, se proporcionan datos de imagen que indican el patrón en un formato de datos de imagen, y en el paso S301C estos ya no se convierten en datos de posición del patrón, sino, a modo de ejemplo, antes de que se determine el procedimiento de procesamiento real, o bien los datos de posición del patrón se determinan en base a los datos de la imagen, que, por ejemplo, indican las posiciones del patrón en la superficie de la pieza WS (p. ej. en el sistema de coordenadas de la pieza de trabajo y/o de la máquina herramienta).

En el paso S307B, la señal útil se genera o ajusta en tiempo real durante el mecanizado de la pieza de trabajo en función de los datos de posición del patrón determinados y la posición del filo cortante determinada. Esto permite eventualmente un procesamiento de datos más rápido y eficiente en tiempo real, ya que los datos de posición de muestra utilizables ya se generan o determinan de manera simplificada antes de que comience el proceso de procesamiento (por ejemplo, a partir de S303).

Los otros pasos S302, S303, S304, S305, S306, S308 y S309 se pueden llevar a cabo de manera análoga a la Fig. 3A.

La Fig. 4A muestra a modo de ejemplo un diagrama de flujo de un procedimiento para recibir una señal de control y aplicar una estructuración de superficie a una superficie de una pieza de trabajo en una máquina herramienta según un ejemplo de realización.

En el paso S401, la señal de control transmitida en el paso S309 (según la Fig. 3A o la Fig. 3B) se recibe en la unidad receptora 34 del cabezal de herramienta 10 (por ejemplo, de forma inductiva) y, a modo de ejemplo, se entrega directamente al actuador 20 en la etapa S403A, de modo que el actuador se base en la señal de control recibida.

Por consiguiente, a modo de ejemplo, el patrón de la estructuración de superficie se aplica a la superficie de la pieza de trabajo en el paso S404A mediante el movimiento de avance controlado (paso S303) y accionando el actuador 20 (S403A) basándose en la señal de control recibida (modulada).

La Fig. 4B muestra a modo de ejemplo un diagrama de flujo de un procedimiento para recibir una señal de control y aplicar una estructuración de superficie a una superficie de una pieza de trabajo en una máquina herramienta según un ejemplo de realización adicional.

En el paso S401, la señal de control transmitida en el paso S309 (según la Fig. 3A o la Fig. 3B) se recibe en la unidad receptora 34 del cabezal de herramienta 10 (por ejemplo, de forma inductiva) y se demodula en el paso S402 en el demodulador 15 del cabezal de herramienta 10, en particular para reconstruir la señal útil, la señal de control modulada.

5 La señal de control demodulada o bien la señal útil reconstruida se envía, a modo de ejemplo, al actuador 20 en S403B, de modo que el actuador se controla en base a la señal de control demodulada o bien la señal útil reconstruida.

Por consiguiente, a modo de ejemplo, el patrón de estructuración de superficie se aplica a la superficie de la pieza de trabajo en el paso S404B mediante el movimiento de avance controlado (paso S303) y el accionamiento del actuador 20 (S403B) basándose en la señal de control demodulada o la señal útil reconstruida.

10 Ejemplos o bien ejemplos de realización de la presente invención, así como sus ventajas se han descrito en detalle anteriormente con referencia a las figuras adjuntas.

15 Cabe recalcar nuevamente que la presente invención no se limita ni restringe de modo alguno a los ejemplos de realización descritos anteriormente y a sus características de realización, sino que comprende, además, modificaciones de los ejemplos de realización, en particular aquellas que están comprendidas por modificaciones de las características de los ejemplos descritos o bien mediante combinación de una o más de las características individuales de los ejemplos descritos dentro del alcance de protección de las reivindicaciones independientes.

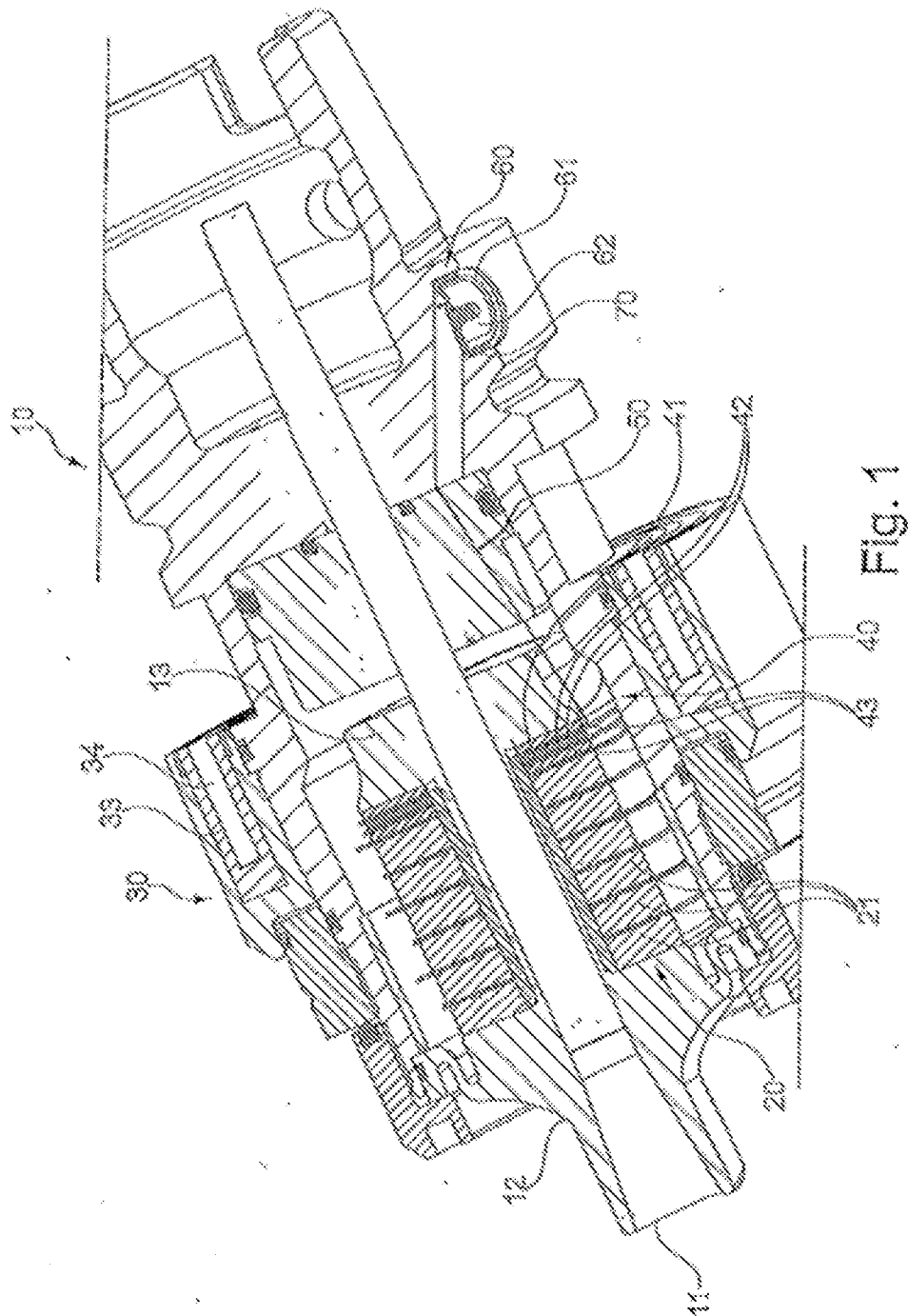
REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para aplicar una estructuración de superficie a una superficie de una pieza de trabajo (WS) de acuerdo con un patrón de imagen y/o de texto previsto en una máquina herramienta (1000), que comprende:
 - 5 llevar a cabo un movimiento de avance de una herramienta de fresado impulsada en rotación por un husillo de trabajo (1040) de la máquina herramienta (1000) y alojada en un cabezal de herramienta (10) de la máquina herramienta (1000) con al menos un filo cortante que sobresale a lo largo la superficie de la pieza de trabajo (WS),
 - 10 aplicar la estructuración de superficie de manera correspondiente al patrón de imagen y/o de texto predeterminado a la superficie de la pieza de trabajo (WS) durante el movimiento de avance de la herramienta de fresado en base a una señal de control a un actuador (20) integrado en el cabezal de herramienta (10), que está configurado para impulsar una vibración de la herramienta de fresado en base a la señal de control,
 - estando configurado el actuador (20) para impulsar una vibración en la dirección axial de la herramienta de fresado, y
 - se orienta una dirección axial de la herramienta durante el movimiento de avance a lo largo de la superficie de la pieza de trabajo (WS) paralelamente a un vector normal de la superficie de la pieza de trabajo (WS),
 - caracterizado por que:
 - 15 el patrón de imagen y/o de texto usado para la estructuración de superficie, para indicar posiciones del patrón en la superficie de la pieza de trabajo (WS), se convierte en datos de posición del patrón antes del proceso de mecanizado,
 - la señal de control comprende una señal portadora de alta frecuencia y una señal útil que modula la señal portadora, que se genera en base a datos de posición del patrón que indican el patrón de imagen y/o de texto predeterminado,
 - 20 la señal de control se transmite de forma inductiva desde una bobina primaria (32) dispuesta como unidad transmisora en el husillo de trabajo (1040) a una bobina secundaria (34) dispuesta como unidad receptora en el cabezal de herramienta (10).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que los datos que indican el patrón predeterminado comprenden datos de imagen, en particular datos de imagen de mapa de bits.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que
 - 25 el actuador (20) se acciona basándose en la señal de control modulada; o por que
 - el actuador (20) se acciona después de la demodulación de la señal de control en base a la señal útil.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la señal portadora de alta frecuencia se modula en amplitud en función de la señal útil.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la señal portadora de alta frecuencia se modula en frecuencia en función de la señal útil.
 - 30
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la señal portadora presenta una frecuencia en el rango ultrasónico.
7. Procedimiento según la reivindicación 5 y la reivindicación 1, caracterizado por que la estructuración de superficie presenta un patrón correspondiente al patrón predeterminado.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el actuador (20) comprende uno o más elementos piezoeléctricos.
 - 35
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la herramienta durante el movimiento de avance a lo largo de la superficie de la pieza de trabajo (WS) se desplaza perpendicular a un vector normal de la superficie de la pieza de trabajo (WS).
10. Máquina herramienta (1000), que comprende:
 - 40 un dispositivo de control (1100) para controlar la máquina herramienta (1000), con
 - un dispositivo de almacenamiento (1121) configurado para almacenar datos de posición del patrón que indican el patrón de imagen y/o de texto predeterminado y/o un dispositivo receptor para recibir datos de posición del patrón que indican el patrón de imagen y/o de texto predeterminado, y
 - 45 un dispositivo generador de señales de control (1123) configurado para generar la señal de control con la señal portadora de alta frecuencia y la señal útil que modula la señal portadora, que se genera en base a los datos de posición del patrón que indican el patrón de imagen y/o de texto predeterminado;

un husillo de trabajo (1040) con un cabezal de herramienta (10) que está configurado para alojar una herramienta de fresado con al menos un filo cortante sobresaliente, y

un actuador (20) integrado en el cabezal de herramienta (10), que está configurado para impulsar una vibración de la herramienta de fresado alojada en base a una señal de control del dispositivo de control (1100), caracterizado por que:

- 5 el patrón de imagen y/o de texto utilizado para la estructuración de superficie, para indicar las posiciones del patrón en la superficie de la pieza de trabajo (WS), se convierte en los datos de posición del patrón antes del proceso de mecanizado,
- el husillo de trabajo (1040) presenta una bobina primaria (32) como unidad transmisora,
- el cabezal de herramienta (10) presenta una bobina secundaria (34) como unidad receptora, y
- 10 el dispositivo de control (1100) está configurado para llevar a cabo un procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores.
11. Producto de programa informático con un programa informático almacenado en un medio de almacenamiento de datos legible por computadora, que puede ejecutarse en un dispositivo de control numérico (1100) de una máquina herramienta (1000) controlada numéricamente según la reivindicación 10 o en una computadora conectado a un dispositivo de control (1100) de una máquina herramienta (1000) controlada numéricamente según la reivindicación 10, y que está configurado
- 15 para controlar un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9 en la máquina herramienta (1000) según la reivindicación 10.



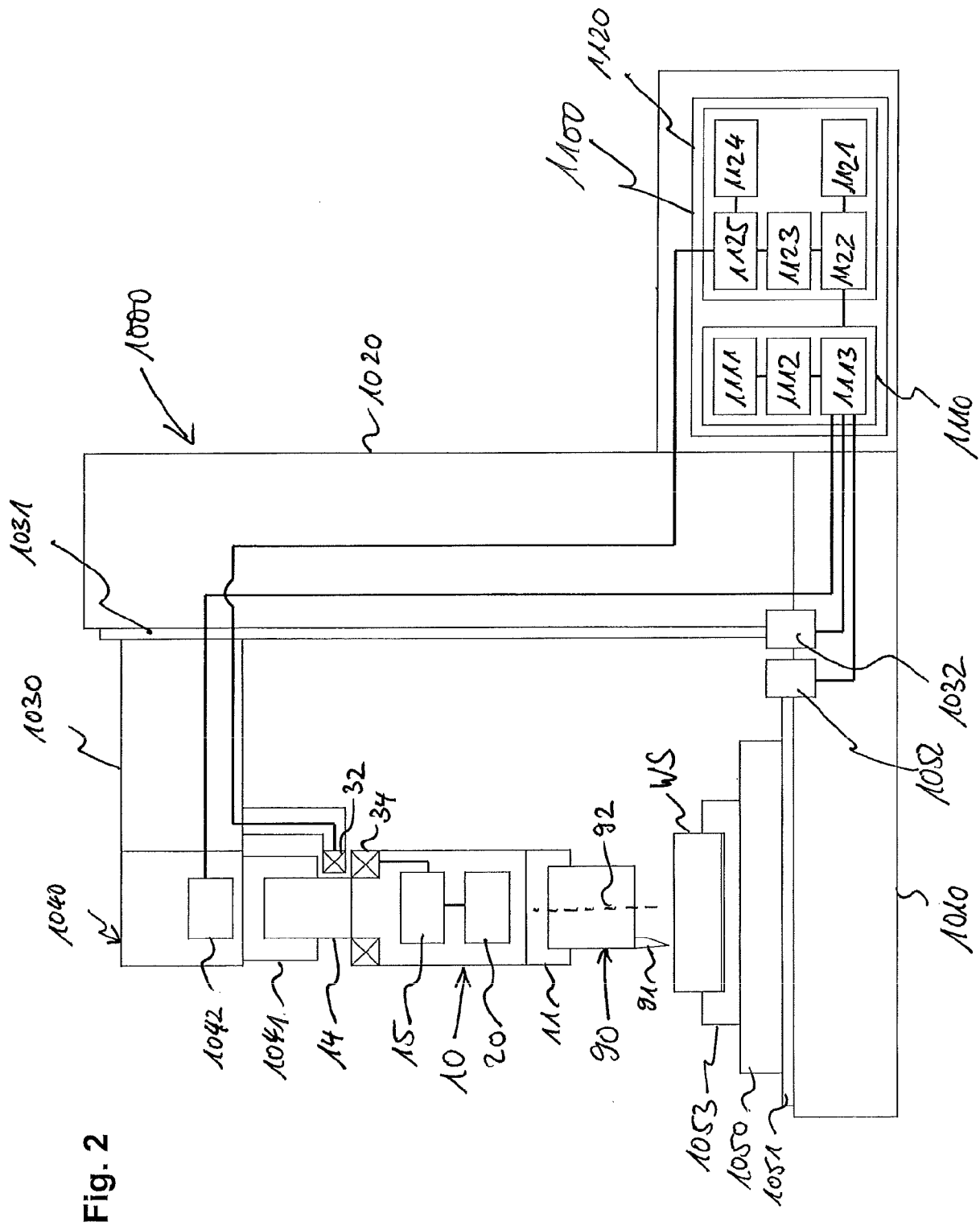


Fig. 3A

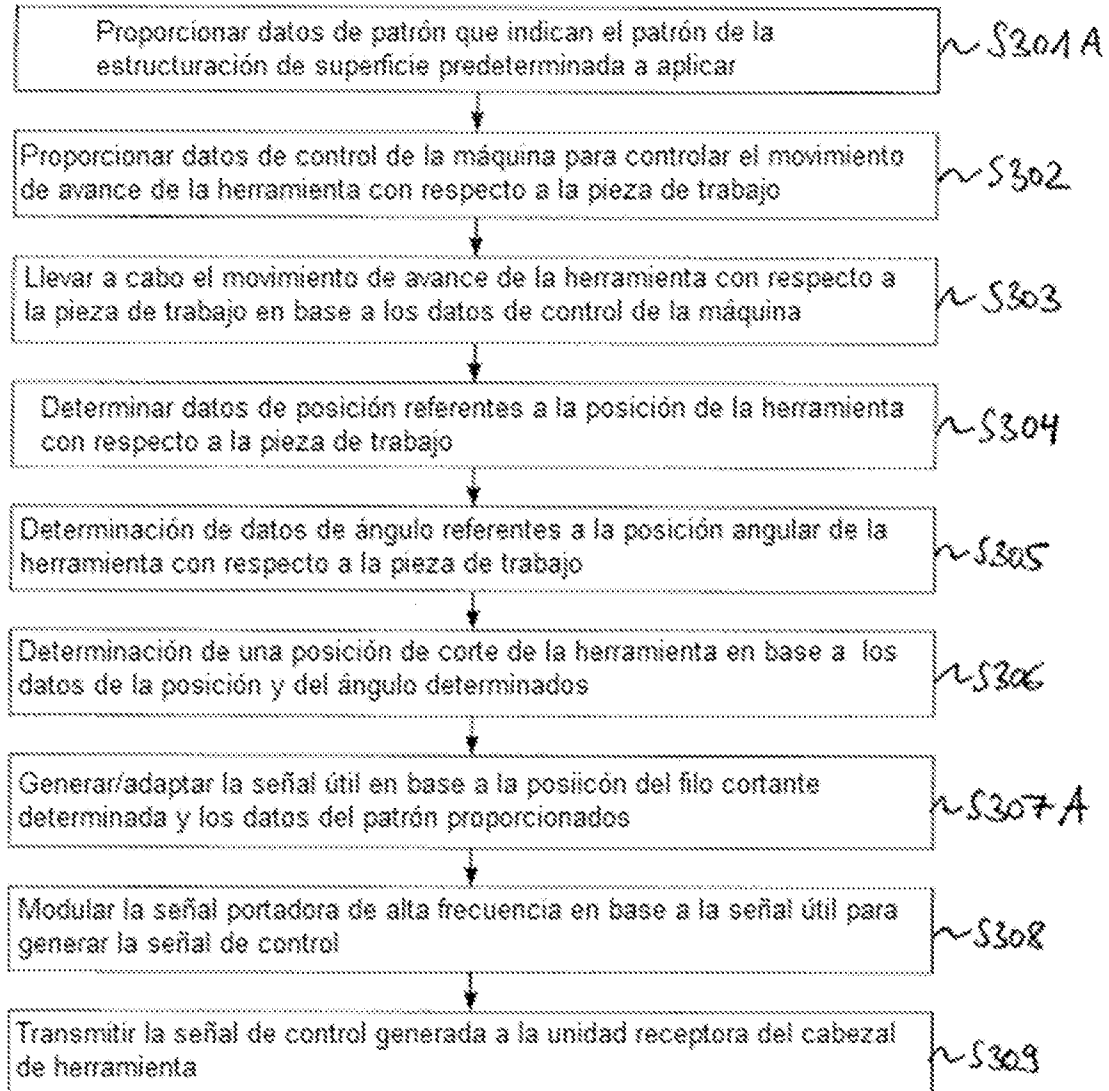


Fig. 3B

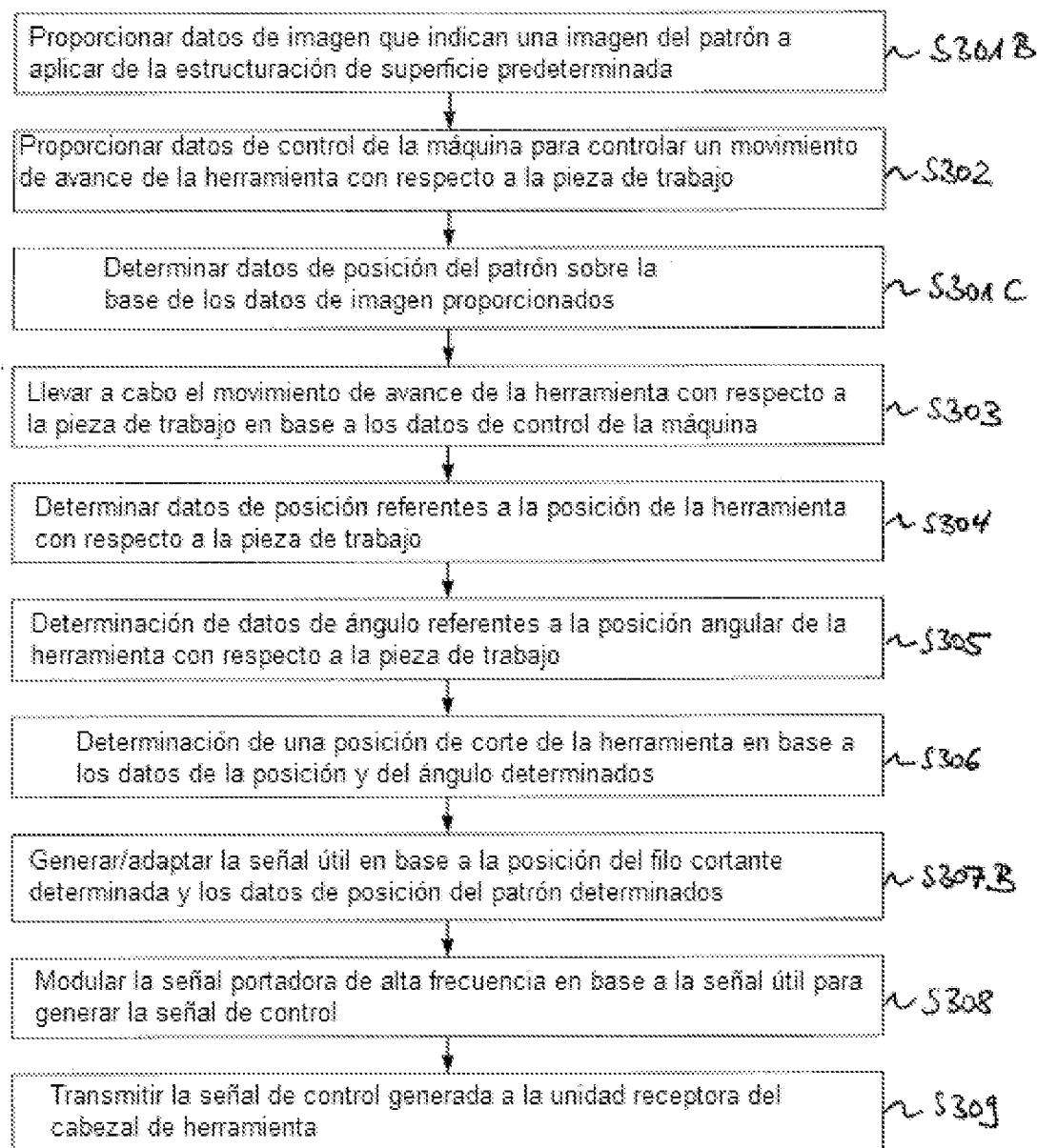


Fig. 4A

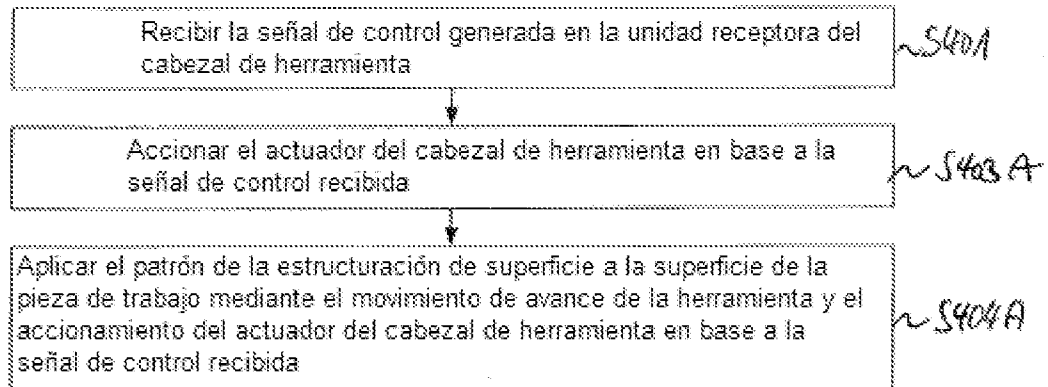


Fig. 4B

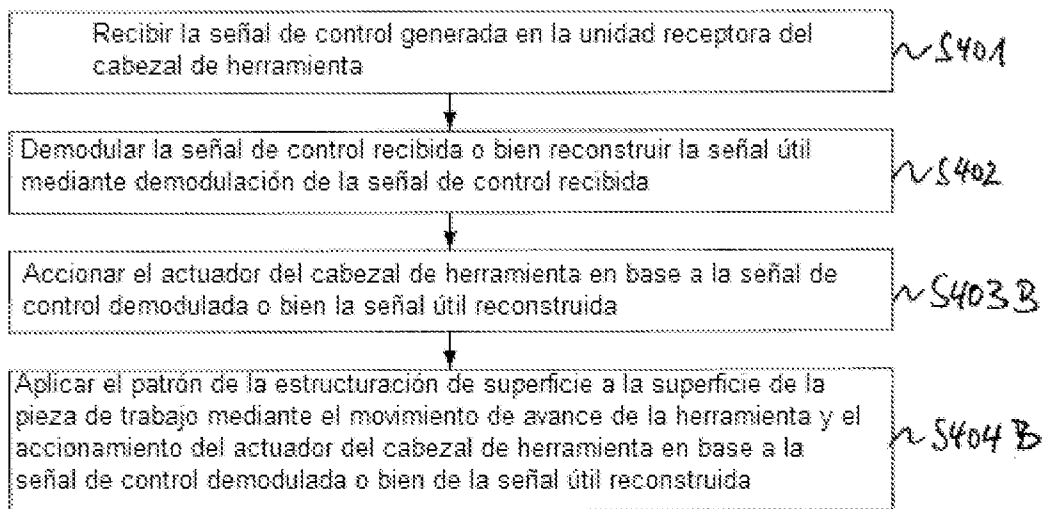


Fig. 5

