

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS  
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 773 018**

(51) Int. Cl.:

**B23B 49/04**

(2006.01)

(12)

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.01.2011 PCT/JP2011/051044**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **04.08.2011 WO11093210**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.01.2011 E 11736923 (1)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.01.2020 EP 2529866**

---

(54) Título: **Método de mecanizado de agujero central para una pieza bruta de árbol y aparato de mecanizado de agujero central**

(30) Prioridad:

**28.01.2010 JP 2010016254**

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

**09.07.2020**

(73) Titular/es:

**KOMATSU NTC LTD. (100.0%)**

**100 Fukuno**

**Nanto-City, Toyama 959-1595, JP**

(72) Inventor/es:

**YOSHIMOTO, AKIHIRO**

(74) Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 773 018 T3**

---

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

## DESCRIPCIÓN

Método de mecanizado de agujero central para una pieza bruta de árbol y aparato de mecanizado de agujero central

## 5 CAMPO TÉCNICO

La presente invención se refiere a un método de mecanizado de agujero central de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1, particularmente un método de mecanizado de agujero central para perforar un agujero central en una pieza bruta de árbol formada por medio de forjado o fundido al labrar la periferia externa de la pieza bruta de árbol. Adicionalmente, la presente invención se refiere a un aparato de mecanizado de agujero central de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 5 usando el método de mecanizado de agujero central. Dicho método y dicho aparato se conocen a partir del documento US 4.884.210 A.

## TÉCNICA ANTECEDENTE

15 Por ejemplo, las piezas brutas de árbol tales como para un árbol de levas incrustado en un motor se forman principalmente por medio de forjado. En dicha pieza bruta de árbol, los procesos de corte y pulido se ejecutan para las superficies periféricas externas de porciones de leva y porciones de muñón.

20 Como un proceso que precede los procesos antemencionados para la pieza bruta de árbol, se requiere perforar agujeros centrales como referencias para el mecanizado en ambas superficies de extremo de la pieza bruta de árbol. Se han propuesto una variedad de métodos como los métodos para el mecanizado de agujeros centrales.

25 En un método del documento JP-A-H0 9-174 382, por ejemplo, una posición central verdadera de una pieza bruta de árbol se basa en los datos obtenidos al medir la forma de la pieza bruta de árbol y se perfora un agujero central en la posición central verdadera obtenida por la predicción. Por consiguiente, el mecanizado se ejecuta para la porción periférica externa, etc. de la pieza bruta de árbol usando el agujero central.

30 Por otro lado, en un método del documento WO 2009/016988 A1, se obtienen los datos de forma tridimensional de una pieza bruta de árbol (pieza bruta de cigüeñal) y se determina temporalmente una posición de agujero central de la pieza bruta de árbol en base a los datos de forma tridimensional. Luego, el mecanizado de la pieza bruta de árbol se simula en base a la posición de agujero central temporalmente determinada. La forma de post-mecanizado simulada se especifica para la pieza bruta de árbol. Adicionalmente, se determina si el equilibrio rotatorio post-mecanizado simulado de la pieza bruta de árbol entra en un rango permitido. Cuando se determina que el equilibrio rotatorio entra en el rango permitido, la posición del agujero central determinada temporalmente se fija como una posición de agujero central para el mecanizado real.

35 35 El documento US 4.884.210A divulga un método y máquina para el equilibrio al centrar un cigüeñal a ser mecanizado solo en ciertas porciones y en las cuales la pieza de trabajo se desplaza transversalmente con respecto a un eje de rotación de modo de minimizar cualquier desequilibrio. Luego, los agujeros de centrado se forman en las caras de extremo opuestas de la pieza de trabajo para definir el eje de rotación. El equilibrio final después del mecanizado de acabado de la pieza de trabajo se optimiza por el equilibrio previo de la pieza de trabajo de manera que toma en cuenta solo el desequilibrio de esas porciones de pieza de trabajo que no serán maquinadas para determinar el alcance y dirección del desplazamiento transversal.

## COMPENDIO DE LA INVENCIÓN

45 45 <Problemas técnicos> Como se describió anteriormente, en los métodos de mecanizado de agujero central bien conocidos, la posición de agujero central de la pieza bruta de árbol se determina para reducir principalmente el desequilibrio rotatorio después del mecanizado.

50 50 Sin embargo, las técnicas bien conocidas mencionadas anteriormente no abordan en absoluto la reducción en el margen de mecanizado de la pieza bruta de árbol para reducir el coste de material. En adelante se dará una explicación a este respecto.

55 55 Al formar una pieza bruta de árbol por medio de forjado o fundido, no es necesariamente verdadero que el margen de mecanizado se produce con precisión uniformemente sobre la superficie de la pieza bruta de árbol. Esto se debe a un defecto, desalineación, deformación, etc. de los moldes. Por lo tanto, al maquinar una pieza bruta de árbol por medio de forjado o fundido, un margen de mecanizado suficiente se produce con precisión sobre la pieza bruta de árbol de modo que la superficie de pieza bruta puede eliminarse desde la pieza bruta de árbol formada por medio de forjado o fundido incluso después del mecanizado. Sin embargo, se ha requerido en años recientes reducir el margen de mecanizado tanto como sea posible para reducir el coste del material. Cuando se reduce el margen de mecanizado, la superficie de la pieza bruta puede permanecer incluso después de que se maquina la pieza bruta de árbol.

65 65 Se brindará una discusión más detallada más adelante con respecto al hecho de que la superficie de pieza bruta permanece después del mecanizado como resultado de la reducción en el margen de mecanizado.

Al maquinar agujeros centrales en una pieza bruta de árbol, la superficie de la pieza bruta de árbol se sujeta en dos posiciones opuestas por un miembro de sujeción estacionario y un miembro de sujeción giratorio. Los agujeros centrales se permiten ser perforados en el centro de la pieza bruta de árbol cuando la pieza bruta de árbol se acaba

5 en una forma ideal que satisface los valores de diseño. En este caso, dicha situación puede evitarse de modo que la superficie de la pieza bruta se deja sin eliminar incluso en el proceso de mecanizado posterior debido a una cantidad notablemente pequeña de margen de mecanizado.

10 Sin embargo, en situaciones prácticas, la pieza bruta de árbol no puede acabarse necesariamente en una forma que satisface los valores de diseño debido a los siguientes factores tales como deficiencia de moldes de forjado/fundido al fabricar la pieza bruta de árbol.

15 (1) Los moldes superior e inferior están separados entre sí debido a la cantidad excesiva de material y esto resulta en una pieza bruta de árbol completamente gruesa.

15 (2) Los moldes superior e inferior están desalineados y esto resulta en una pieza bruta de árbol con una forma desalineada horizontalmente.

15 (3) Los moldes superior e inferior están inclinados entre sí y se produce así una pieza bruta de árbol que tiene un espesor no uniforme.

20 (4) Combinaciones de (1) a (3).

20 (5) Una pieza bruta de árbol se dobla al tirar de la pieza bruta de árbol de los moldes, al ejecutar un proceso después del moldeado, etc.

25 Cuando las porciones de la pieza bruta de árbol a sujetar están distorsionadas debido a los factores antemencionados, la pieza bruta de árbol se mueve o gira al sujetarse y así no puede ser sujetada con precisión. La FIGURA 1 ilustra la condición. Específicamente, la FIGURA 1 ilustra una condición de que una pieza bruta de árbol 1 está sujetada por un miembro de sujeción estacionario 2 y un miembro de sujeción giratorio 3. Cuando se hace contacto con la pieza bruta de árbol 1, el miembro de sujeción giratorio 3 está configurado para girar de manera oscilante para ajustar automáticamente el eje de sujeción de la pieza bruta de árbol 1.

30 La FIGURA 1A ilustra un estado sujetado de una pieza bruta de árbol en una forma ideal. En este caso, la pieza bruta de árbol 1 tiene una forma circular aproximadamente verdadera. Por lo tanto, el centro de sujeción de la pieza bruta de árbol 1 se acopla con el centro geométrico de la pieza bruta de árbol 1. Las FIGURAS 1B y 1C ilustran estados sujetados de la pieza bruta de árbol 1 acabada en una forma desalineada. En primer lugar, los trinquetes de ambos miembros de sujeción 2 y 3 están parcialmente en contacto con la pieza bruta de árbol 1 como se ilustra en la FIGURA 1B cuando la pieza bruta de árbol 1 se acaba en una forma desalineada. Cuando la acción de sujeción continúa adicionalmente a partir de la condición, el miembro de sujeción giratorio 3 gira para ajustar automáticamente el eje de sujeción de la pieza bruta de árbol 1 como se ilustra en la FIGURA 1C. Por consiguiente, la desalineación se produce entre un centro real C1 de la pieza bruta de árbol 1 y un centro de sujeción C2.

40 Al maquinar los agujeros centrales en la condición ilustrada en la FIGURA 1C, los agujeros centrales no pueden perforarse en el centro de la pieza bruta de árbol. Especialmente cuando el margen de mecanizado (una región sombreada en la FIGURA 2) se reduce para la reducción del coste del material, la superficie de la pieza bruta se deja sin eliminar después del mecanizado como se ilustra en la FIGURA 2.

45 Luego, se explicará una desventaja de una pieza bruta de árbol deformada. El centro de una pieza bruta de árbol se determina normalmente en base a las porciones sujetadas de la pieza bruta de árbol. Cuando se considera la deformación de una pieza bruta de árbol, es preferible como se ilustra en la FIGURA 3A sujetar la pieza bruta de árbol 1 en dos posiciones que la distancia entre las mismas corresponda a 60-70% de la longitud entera de la pieza bruta de árbol 1 y perforar agujeros centrales en ambas superficies de extremo de la pieza bruta de árbol 1 en posiciones dispuestas en una línea conceptual extendida desde los centros geométricos fijados en las posiciones sujetadas de la pieza bruta de árbol 1. Por consiguiente, el margen de mecanizado puede fijarse aproximadamente uniforme sobre la longitud entera de la pieza bruta de árbol. Sin embargo, en este caso la pieza bruta de árbol tiende a tambalearse al fresar ambas superficies de extremo de la misma debido a la distancia relativamente larga fijada desde las superficies de extremo de la pieza bruta de árbol a ser fresada a las posiciones sujetadas de la misma.

55 Por el contrario, la superficie de pieza bruta puede permanecer en la pieza bruta de árbol 1 después del mecanizado cuando la pieza bruta de árbol 1 se sujetó en posiciones más cercanas a ambas superficies de extremo para evitar que la pieza bruta de árbol 1 se tambalee al maquinar las superficies de extremo de la pieza bruta de árbol 1 como se ilustra en la FIGURA 3B. La razón es que los agujeros centrales se perforan en la presente en ambas superficies de extremo de la pieza bruta de árbol 1 en posiciones dispuestas en una línea conceptual extendida desde los centros geométricos de la pieza bruta de árbol 1 en las posiciones sujetadas de la misma, y en algunas instancias, puede no producirse un margen de mecanizado en la cercanía del centro axial de la pieza bruta de árbol 1.

65 Para resolver las desventajas mencionadas anteriormente, se debe ejecutar una contramedida de que unas pocas piezas brutas de árbol sean maquinadas en primer lugar en un lote objetivo para entender la tendencia de la desalineación de forma de las piezas brutas de árbol y se perforan agujeros centrales en las piezas brutas de árbol

restantes en el mismo lote después de que se corrigen las posiciones de mecanizado de agujero central por la desalineación. Sin embargo, en dicho método, se requiere maquinar inútilmente piezas brutas de árbol para entender la tendencia de desalineación de forma de piezas brutas de árbol cada vez que otro lote se vuelve un objetivo de mecanizado y la tendencia de desalineación de forma de las piezas brutas de árbol varía.

5 Es un objeto de la presente invención proporcionar un método de mecanizado de agujero central y un aparato de mecanizado de agujero central por el cual la superficie de la pieza bruta puede eliminarse enteramente de una pieza bruta de árbol después del mecanizado incluso cuando el margen de mecanizado de la pieza bruta de árbol se fija para que sea pequeño.

10 **<Solución a problemas>**  
 Un método de mecanizado de agujero central para una pieza bruta de árbol de acuerdo con la presente invención, que se define por las características de la reivindicación 1, se configura para maquinar un agujero central para procesar una periferia externa de una pieza bruta de árbol formada por medio de forjado o fundido. El método de mecanizado de agujero central incluye de uno a cinco pasos. El primer paso es un paso para obtener datos de forma periférica externa de una pluralidad de porciones de la pieza bruta de árbol en una dirección axial. El segundo paso es un paso para obtener un eje central para determinar el agujero central al comparar los datos medidos de la pluralidad de porciones de la pieza bruta de árbol con datos de diseño que corresponden a las mismas. El tercer paso es un paso para calcular una distancia mínima del eje central a la periferia externa de cada una de la pluralidad de porciones de la pieza bruta de árbol. El cuarto paso es un paso para: determinar el eje central como un eje central apropiado cuando la distancia mínima en cada una de las porciones es mayor que una dimensión de mecanizado; y cambiar el eje central en una dirección para hacer la distancia mínima mayor que la dimensión de mecanizado y ejecutar repetidamente el tercer paso en base al eje central cambiado cuando la distancia mínima es menor o igual a la dimensión de mecanizado. El quinto paso es un paso para perforar un agujero central en una superficie de extremo de la pieza bruta de árbol en una posición dispuesta en una línea extendida desde el eje central determinado como el eje central apropiado.

20 En el presente método de mecanizado, el eje central para determinar un agujero central se obtiene al comparar los datos de forma periférica externa y los datos de diseño. Luego, la distancia mínima desde el eje central a la periferia externa se calcula en cada una de la pluralidad de porciones de la pieza bruta de árbol. Cuando la distancia mínima en cada porción es mayor que la dimensión de mecanizado, se perfora un agujero central en una superficie de extremo de la pieza bruta de árbol en una posición dispuesta en una línea extendida desde el eje central. Cuando la distancia mínima es menor o igual a la dimensión de mecanizado, por el contrario, el eje central se cambia en una dirección para hacer la distancia mínima mayor que la dimensión de mecanizado y, de manera similar a lo anterior, la distancia mínima se calcula para la pluralidad de porciones en base al eje central cambiado.

25 Por lo tanto, no se deja ninguna superficie bruta en la pieza bruta de árbol después del mecanizado debido a la configuración mencionada anteriormente en la que el eje central se cambia para hacer la distancia mínima mayor que la dimensión de mecanizado en cada porción y el agujero central se perfora entonces en esta condición. Las 30 realizaciones preferidas de la presente invención se definen en las reivindicaciones dependientes.

35 En el método de mecanizado de agujero central, el cuarto paso puede incluir un paso para determinar la pieza bruta de árbol como un producto deficiente y excluir la pieza bruta de árbol de una línea de mecanizado cuando la distancia mínima sigue siendo menor que la dimensión de mecanizado incluso después de que el eje central se cambia una cantidad de veces predeterminada.

40 En este caso, la pieza bruta de árbol puede excluirse como un producto deficiente de la línea de mecanizado, por ejemplo, cuando los moldes están desalineados en gran medida y la superficie de pieza bruta permanece inevitablemente en la pieza bruta de árbol después del mecanizado sin importar cómo se fija el eje central.

45 50 En el método de mecanizado de agujero central, el segundo paso puede ser un paso para obtener un eje central para determinar el agujero central usando un método de los mínimos cuadrados.

55 En el método de mecanizado de agujero central, el quinto paso puede incluir: un paso de fresado para fresar ambas superficies de extremo de la pieza bruta de árbol; y un paso de agujereado para perforar un agujero central en cada una de las superficies de extremo fresado de la pieza bruta de árbol.

60 Un aparato de mecanizado de agujero central para una pieza bruta de árbol de acuerdo con la presente invención, que se define por las características de la reivindicación 5, se configura para perforar un agujero central para maquinar una periferia externa de una pieza bruta de árbol formada por medio de forjado o fundido. El aparato de mecanizado de agujero central incluye una unidad de obtención de datos de forma, una unidad de cálculo de eje central, una unidad de cálculo de distancia mínima, una unidad de determinación de eje central y una unidad de mecanizado de agujero central. La unidad de obtención de datos de forma está configurada para obtener datos de forma periférica externa de una pluralidad de porciones de la pieza bruta de árbol en una dirección axial. La unidad de cálculo de eje central se configura para obtener un eje central para determinar el agujero central al comparar los datos medidos de la pluralidad de porciones de la pieza bruta de árbol con datos de diseño que corresponden a la

misma. La unidad de cálculo de distancia mínima se configura para calcular una distancia mínima del eje central a la periferia externa de cada una de la pluralidad de porciones de la pieza bruta de árbol. La unidad de determinación del eje central se configura para: determinar el eje central como un eje central apropiado cuando la distancia mínima en cada una de las porciones es mayor que una dimensión de mecanizado; y cambiar el eje central en una dirección

5 para hacer la distancia mínima mayor que la dimensión de mecanizado y ejecutar repetidamente el proceso de calcular la distancia mínima en base al eje central cambiado cuando la distancia mínima es menor o igual a la dimensión de mecanizado. La unidad de mecanizado del agujero central se configura para perforar un agujero central en una superficie de extremo de la pieza bruta de árbol en una posición dispuesta en una línea extendida desde el eje central determinada como el eje central apropiado.

10 <Efectos ventajosos de la invención>

De acuerdo con la presente invención como se describió anteriormente, es posible fijar de manera apropiada una posición de un agujero central y evitar que una superficie de pieza bruta permanezca en una pieza bruta de árbol después del mecanizado incluso cuando el margen de mecanizado de la pieza bruta de árbol se fija como pequeño.

15 Por lo tanto, el coste del material puede reducirse.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

20 La FIGURA 1A es un diagrama para explicar un problema atribuido a un material desalineado al sujetarse.

La FIGURA 1B es un diagrama para explicar un problema atribuido a un material desalineado al sujetarse.

25 La FIGURA 1C es un diagrama para explicar un problema atribuido a un material desalineado al sujetarse.

La FIGURA 2 es un diagrama para explicar un problema atribuido a un material desalineado después del mecanizado.

30 La FIGURA 3A es un diagrama para explicar un problema atribuido a posiciones de sujeción al maquinar una superficie de extremo.

La FIGURA 3B es un diagrama para explicar un problema atribuido a posiciones de sujeción al maquinar una superficie de extremo.

35 La FIGURA 4 es un diagrama de configuración de un sistema de mecanizado para una pieza bruta de árbol.

La FIGURA 5A es una vista en perspectiva externa de una pieza bruta de árbol ejemplar que se aplica una realización ejemplar de la presente invención.

40 La FIGURA 5B es una vista en perspectiva externa de una pieza bruta de árbol ejemplar que se aplica la realización ejemplar de la presente invención.

La FIGURA 6 es una vista plana esquemática de una máquina de mecanizado de agujero central de acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención.

45 La FIGURA 7A es una parte de un diagrama de secuencia operativo de la máquina de mecanizado de agujero central.

La FIGURA 7B es una parte del diagrama de secuencia operativo de la máquina de mecanizado de agujero central.

50 La FIGURA 8 es una gráfica de flujo de control de un proceso que determina el eje central.

La FIGURA 9A es un diagrama para explicar un proceso de producir de manera confiable un margen de mecanizado al cambiar un eje central.

La FIGURA 9B es un diagrama para explicar un proceso de producir de manera confiable un margen de mecanizado al cambiar un eje central.

La FIGURA 10 es una vista en perspectiva externa de otra pieza bruta de árbol ejemplar que se aplica la realización ejemplar de la presente invención.

55 La FIGURA 11 es un diagrama que ilustra otra pieza bruta de árbol ejemplar que se aplica la realización ejemplar de la presente invención.

La FIGURA 12A es un diagrama que ilustra otra pieza bruta de árbol ejemplar que se aplica la realización ejemplar de la presente invención.

La FIGURA 12B es un diagrama que ilustra un ejemplo de una falla de mecanizado causada en la pieza bruta de árbol ilustrada en la FIGURA 12A.

#### DESCRIPCIÓN DE LAS REALIZACIONES

##### 1. Primera realización ejemplar

55 <Sistema de mecanizado de árbol de levas>

La FIGURA 4 ilustra un sistema de mecanizado que incluye una máquina de mecanizado de agujero central 10 de acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención. El sistema de mecanizado de pieza bruta de árbol 100 incluye la máquina de mecanizado de agujero central 10, un ordenador 20 y una máquina de mecanizado 30. La

60 máquina de mecanizado de agujero central 10 se configura para perforar un agujero central en cada una de las superficies de extremo de una pieza bruta de árbol. El ordenador 20 está configurado para ejecutar un proceso para determinar la posición de un agujero central a ser perforado en cada una de las superficies de extremo de la pieza bruta de árbol. La máquina de mecanizado 30 está configurada para ejecutar un trabajo predeterminado para la pieza bruta de árbol después de que los agujeros centrales se perforan en la pieza bruta de árbol.

65

La máquina de mecanizado de agujero central 10 incluye un medidor de forma 11, que es un ejemplo de una unidad de obtención de datos de forma configurada para medir la forma de una pieza bruta de árbol.

El medidor de forma 11 incluye, por ejemplo, un medidor de desplazamiento sin contacto (por ejemplo, un medidor de desplazamiento láser, un medidor de desplazamiento infrarrojo, un sensor de desplazamiento LED, etc.) o un medidor de desplazamiento con contacto (por ejemplo, un transformador diferencial). El medidor de forma 11 está configurado para medir la forma de una pieza bruta de árbol en un valor medido por el medidor de desplazamiento. La medición se lleva a cabo para una pluralidad de potenciales porciones de mecanizado de una pieza bruta de árbol. La pluralidad de potenciales porciones de mecanizado pueden medirse simultáneamente por una pluralidad de sensores. Alternativamente, todas las potenciales porciones de mecanizado pueden medirse al mover un único sensor. Adicionalmente, una pieza bruta de árbol puede medirse usando un único sensor estacionario o una pluralidad de sensores estacionarios al ser girada. Por el contrario, una pieza bruta de árbol puede medirse en un estado estacionario al girar o mover horizontalmente un único sensor o una pluralidad de sensores. Cabe destacar que el medidor de forma 11 puede ser un digitalizador tridimensional (es decir, un escáner de imágenes) configurado para medir un objetivo de medición de una pluralidad de diferentes posiciones para generar datos de forma tridimensional de la forma entera de una pieza bruta de árbol.

El ordenador 20 incluye una CPU (Unidad de Proceso Central) 21, una ROM (Memoria de Sólo Lectura) 22 y una RAM (Memoria de Acceso Aleatorio) 23.

La ROM 22 está configurada para almacenar una variedad de programas a ser ejecutados por la CPU 21 y una variedad de información. En la realización exemplar de la presente, la ROM 22 está configurada para almacenar preliminarmente un programa para determinar las posiciones de los agujeros centrales a ser perforados en la pieza bruta de árbol. Adicionalmente, la ROM 22 está configurada para almacenar preliminarmente los datos de forma periférica externa de la pieza bruta de árbol en una fase de diseño (en adelante denominada "datos de diseño"). Más aun, la ROM 22 está configurada para almacenar preliminarmente el contenido de mecanizado a ejecutar para la pieza bruta de árbol por la máquina de mecanizado 30.

La RAM 23 está configurada para ser usada como un área de almacenamiento para programas y datos de almacenamiento, o como un área de trabajo para almacenar datos a usar para el proceso ejecutado por la CPU 21.

**<Pieza bruta de árbol>**

Las FIGURAS 5A y 5B ilustran una pieza bruta de árbol exemplar a ser maquinada por la máquina de mecanizado de agujero central 10 de acuerdo con la realización exemplar de la presente invención. A la pieza bruta de árbol 1 se le da forma por medio de forjado o fundido usando un molde superior y un molde inferior. La pieza bruta de árbol 1 ilustrada en la FIGURA 5A se acaba en una forma que satisface aproximadamente los valores diseñados. Adicionalmente, la FIGURA 5B ilustra la forma de una pieza bruta de árbol 1 formada cuando los moldes superior e inferior están desalineados. La pieza bruta de árbol 1 incluye potenciales porciones de mecanizado 1a a 1e en cinco posiciones.

**<Estructura de la máquina de mecanizado de agujero central>**

La FIGURA 6 es una vista en planta estructural esquemática de la máquina de mecanizado de agujero central 10. La máquina de mecanizado de agujero central 10 incluye un par de primera parte y segunda parte de mecanizado 12a y 12b, un par de primer y segundo mandril 13a y 13b y un sujetador principal 14.

La primera parte y segunda parte de mecanizado 12a y 12b son móviles respectivamente en las direcciones de eje X, Y y Z representadas en la FIGURA 6. Cabe destacar que la dirección del eje Y es perpendicular a las direcciones de eje X y Z aunque no están representadas en la FIGURA 6. Las partes de mecanizado 12a y 12b están configuradas para fresar las superficies de extremo de la pieza bruta de árbol 1 y perforar agujeros centrales en las superficies de extremo de la pieza bruta de árbol 1.

El primer y segundo mandril 13a y 13b son mandrillos centrípetos respectivamente configurados para girar libremente a lo largo de la forma de la pieza en bruto al sujetar la pieza bruta de árbol 1. Cada mandril centrípeta incluye tres trinquetes de mandril alineados a intervalos angulares iguales y sostiene ambos extremos de la pieza bruta de árbol 1 con los trinquetes. Adicionalmente, el primer y segundo mandril 13a y 13b están configurados para ser giratorios en sincronización entre sí por medio de un mecanismo de impulso giratorio.

El sujetador principal 14 está configurado para sostener y fijar la pieza bruta de árbol 1. El sujetador principal 14 incluye un par de primeras partes de sujeción 14a, un par de segundas partes de sujeción 14b y un par de terceras partes de sujeción 14c. Las primeras partes de sujeción 14a y las segundas partes de sujeción 14b respectivamente sujetan las periferias externas de las potenciales porciones de mecanizado 1a y 1e de la pieza bruta de árbol 1 de una dirección lateral (es decir, la dirección del eje X). Las terceras partes de sujeción 14c sujetan la potencial porción de mecanizado 1c posicionada en la parte axialmente central de la pieza bruta de árbol 1 mientras que presionan desde sus lados axialmente externos.

**<Proceso de control de la máquina de mecanizado de agujero central>**

Un proceso de control de la máquina de mecanizado de agujero central 10 estructurada como se describió anteriormente se explicará con referencia a los diagramas de secuencia operativa de las FIGURAS 7A y 7B.

- 5 En el Paso S1 de la FIGURA 7A, la pieza bruta de árbol 1 se dispone en la posición central del sujetador principal 14 y la potencial porción de mecanizado 1c de la pieza bruta de árbol 1 se fija para posicionar longitudinalmente (es decir, axialmente) la pieza bruta de árbol 1. La potencial porción de mecanizado 1c se sujeta en la presente por las tercera partes de sujeción 14c del sujetador principal 14 mientras que se presiona por las tercera partes de sujeción 14c desde sus lados axialmente externos.
- 10 10 Luego en el Paso S2, las primeras partes de sujeción emparejadas 14a sujetan la potencial porción de mecanizado 1a dispuesta en un extremo de la pieza bruta de árbol 1, mientras que las partes de sujeción emparejadas 14b sujetan la potencial porción de mecanizado 1e dispuesta en el otro extremo de la pieza bruta de árbol 1. Por consiguiente, las tercera partes de sujeción 14c desconectan la potencial porción de mecanizado 1c. Por consiguiente, la pieza bruta de árbol 1 se supone que está fijada rígidamente por el sujetador principal 14.
- 15 15 En el Paso S3, el primer y segundo mandril centrípetos 13a y 13b se mueven más cerca de la pieza bruta de árbol 1 en la dirección axial Z mientras que la pieza bruta de árbol 1 está sujetada rígidamente por el sujetador principal 14. Adicionalmente, el primer y segundo mandril centrípetos 13a y 13b sostienen ambos extremos de la pieza bruta de árbol 1. Por lo tanto, la pieza bruta de árbol 1 se sujeta rígidamente en la presente por el sujetador principal 14. Los respectivos trinquetes del mandril se mueven así libremente a lo largo de la postura de la pieza bruta de árbol 1 sujetada por el sujetador principal 14 debido a las características del primer y segundo mandril centrípetos 13a y 13b y sostienen la pieza bruta de árbol 1 en posición. En otras palabras, la pieza bruta de árbol 1, en la presente sostenida por el primer y segundo mandril centrípetos 13a y 13b, mantienen la postura de la misma sujetada por el sujetador principal 14.
- 20 20 25 Despues de que la pieza bruta de árbol 1 es sostenida así por el primer y segundo mandril centrípetos 13a y 13b, la primera parte y segunda parte de sujeción 14a y 14b desconectan la pieza bruta de árbol 1 en el Paso S4.
- 30 30 Luego en el Paso S5, el primer y segundo mandril centrípetos 13a y 13b se giran para girar la pieza bruta de árbol 1, y simultáneamente, se hace que un medidor de desplazamiento láser 11 escanea la pieza bruta de árbol 1 en la dirección del eje Z. Los datos de forma de la pieza bruta de árbol 1 se obtienen así. Un eje central para perforar agujeros centrales se determina comparando los datos de forma obtenidos en el Paso S5 con los datos de diseño. El proceso para determinar el eje central se describirá a continuación.
- 35 35 40 Despues de que se completa la medición de la forma de la pieza bruta de árbol 1 en el paso S5 antemencionado, la postura de la pieza bruta de árbol 1 se fija para ser idéntica a la postura en el Paso S3 antes de la medición de la forma. En la condición, en el Paso S6 de la FIGURA 7B, la pieza bruta de árbol 1 se sujeta rígidamente por las primeras partes de sujeción 14a y las segundas partes de sujeción 14b del sujetador principal 14 mientras son sostenidas por el primer y segundo mandril centrípetos 13a y 13b.
- 45 45 50 En el Paso S7, el primer y segundo mandril centrípetos 13a y 13b desconectan la pieza bruta de árbol 1. Luego, los respectivos mandriles 13a y 13b se mueven en direcciones alejadas de la pieza bruta de árbol 1.
- 55 A continuación en el Paso S8, la primera parte y segunda parte de mecanizado 12a y 12b se mueven hacia la pieza bruta de árbol 1 (es decir, en la dirección del eje X) y se mueven entonces en la dirección axial (es decir, la dirección del eje Z) de la pieza bruta de árbol 1. Adicionalmente, ambas partes de mecanizado 12a y 12b se hacen que fresen las superficies de extremo de la pieza bruta de árbol 1 mientras se mueven adicionalmente en la dirección del eje X.
- 60 60 65 En el fresado, las posiciones axiales de las superficies fresadas se determinan por las tercera partes de sujeción 14c funcionando como sujetadores de posicionamiento axial. Sin embargo, las posiciones axiales de las superficies fresadas pueden determinarse usando el medidor de desplazamiento láser 11 usado para medir los datos de forma periférica externa de la pieza bruta de árbol 1. Más específicamente, es posible determinar las posiciones axiales de las superficies fresadas al hacer que el medidor de desplazamiento láser 11 escanea la pieza bruta de árbol 1 en la dirección axial para medir la forma axial de la pieza bruta de árbol 1 y luego, al realizar una comparación que mejor se ajuste del resultado medido con los datos de diseño axial.
- 70 70 75 Luego en el Paso S9, ambas partes de mecanizado 12a y 12b se mueven en la dirección del eje X y la dirección del eje Y (es decir, vertical) en base a los datos posicionales del agujero central. Cabe destacar que los datos posicionales del agujero central se obtienen por un eje central que determina el proceso a describir. Despues de que ambas partes de mecanizado 12a y 12b se mueven a las posiciones de agujero central, las barrenas respectivamente montadas en las partes de mecanizado 12a y 12b se impulsan y mueven hacia adelante en la dirección del eje Z. Por consiguiente, los agujeros centrales se perforan en las superficies de extremo de la pieza bruta de árbol 1 en las posiciones centrales óptimas.

En el Paso S10, ambas partes de mecanizado 12a y 12b se retraen en la dirección del eje Z. Adicionalmente, la primera parte y segunda parte de sujeción 14a y 14b del sujetador principal 14 desconectan la pieza bruta de árbol 1. Se completa así el proceso de mecanizado del agujero central.

- 5 <Proceso para determinar el eje central para perforar agujeros centrales>  
 A continuación se explicará un proceso para determinar un eje central para perforar agujeros centrales en base a los datos medidos de la pieza bruta de árbol 1 obtenida en el paso S5 antemencionado en base a una gráfica de flujo representada en la FIGURA 8.
- 10 Primer, una configuración inicial se ejecuta en el Paso P1. En la configuración inicial, se ejecutarán varios procesos, incluyendo configurar una válvula de conteo N que sea "0". Cabe destacar que la válvula de conteo N es un valor a usar para determinar si la pieza bruta de árbol 1 es un producto defectuoso. Luego en el Paso P2, se obtienen los datos de forma periférica externa de la pieza bruta de árbol 1 obtenidos en el Paso S5.
- 15 En el Paso P3, se calcula un eje central para perforar agujeros centrales en base a la comparación entre los datos de forma periférica externa y los datos de diseño. Específicamente, los datos de forma periférica externa de las respectivas potenciales porciones de mecanizado, obtenidas por medición, no coinciden con los datos de diseño. Por lo tanto, un eje central, que pasa en promedio a través de todas las potenciales porciones de mecanizado, se calcula al aplicar un método de los mínimos cuadrados a los datos medidos y los datos de diseño (datos de círculo verdadero).
- 20 Específicamente, se calcula un centro de mínimos cuadrados para cada porción de mecanizado potencial al ejecutar la comparación que mejor se ajuste entre los datos periféricos externos medidos para cada potencial porción de mecanizado y los datos de diseño para cada potencial porción de mecanizado. En la presente realización exemplar, todas las porciones de la pieza bruta de árbol 1 tienen forma de cilindro. Por lo tanto, el método de los mínimos cuadrados para un círculo verdadero se aplica en la presente. Cuando se forma una pieza bruta en una forma particular (por ejemplo, una forma de leva), se aplica el mejor ajuste en base al método de los mínimos cuadrados a los datos de diseño de la forma particular. Luego, se calcula un eje de mínimos cuadrados que pasa a través de la pluralidad de centros de mínimos cuadrados.
- 25 30 En el Paso P4, para cada una de las potenciales porciones de mecanizado, se calcula una distancia mínima  $R_{min}$  entre el eje central obtenido en el Paso P3 y la superficie periférica externa de la potencial porción de mecanizado y se compara la distancia mínima calculada  $R_{min}$  y una dimensión de mecanizado  $R_0$  (incluida en los datos de diseño).
- 35 40 En el Paso P5, se determina si la distancia mínima  $R_{min}$  para cada potencial porción de mecanizado es mayor que la dimensión de mecanizado  $R_0$ . Cuando se determina que la distancia mínima  $R_{min}$  es mayor que la dimensión de mecanizado  $R_0$ , esto significa que el margen de mecanizado existe. En este caso, no hay posibilidad de que la superficie periférica externa de la pieza bruta de árbol 1 se deje sin eliminar después de que se perforan los agujeros centrales en base al eje central obtenido en el Paso P3 y la pieza bruta de árbol 1 se maquina usando los agujeros centrales. Por lo tanto, el proceso en la presente continúa del Paso P5 al Paso P6 y el eje central obtenido en el Paso P3 se fija como el eje central para perforar agujeros centrales sin ningún cambio.
- 45 50 Cuando se determina que la distancia mínima  $R_{min}$  es menor o igual a la dimensión de mecanizado  $R_0$ , por el contrario, esto significa que el margen de mecanizado no existe. En este caso, hay posibilidades de que la superficie periférica externa de la pieza bruta de árbol 1 se deje sin eliminar después de que se perforan los agujeros centrales en base al eje central obtenido en el Paso P3 y la pieza bruta de árbol 1 se trabaja usando los agujeros centrales. Cuando la superficie periférica externa de la pieza bruta de árbol 1 se deja sin eliminar, esto significa que el árbol se vuelve un producto deficiente cuando se obtiene como un producto final. En este caso, el proceso continúa desde el Paso P5 al Paso P7 y se aumenta un valor numérico N, que representa la frecuencia de ejecución del Paso P4.
- 55 Luego en el Paso P8, se determina si el valor numérico N alcanza "4". Cuando no se determina que el valor numérico N alcanza "4", el proceso continúa del Paso P8 al Paso P9.
- 60 65 En el Paso P9, el eje central se cambia por una cantidad mínima en una dirección para mantener el margen de mecanizado para todas las potenciales porciones de mecanizado. Por consiguiente, se ejecutará el proceso de los Pasos P4 a P9. Cuando cambiar el eje central resulta en un eje central nuevo por el que se puede dejar el margen de mecanizado, el eje central obtenido recientemente se determina como el eje central para perforar agujeros centrales (Paso P6) y se acaba el proceso.
- Por otro lado, el proceso continúa del Paso P8 al Paso P10 cuando es imposible fijar un eje central por el cual se deja el margen de mecanizado incluso después de que el cambio del eje central se ejecuta tres veces. En el Paso P10, se determina que la cantidad de desalineación de material de la pieza bruta de árbol 1 es lo suficientemente grande para ser inmodificable. Por consiguiente, la pieza bruta de árbol 1 se juzga como un producto deficiente y se excluye de una línea de producción.

## &lt;Ejemplo específico&gt;

El cambio de un eje central se explicará específicamente con referencia a las FIGURAS 9A y 9B. Cabe destacar que la FIGURA 9A ilustra un caso en que el margen de mecanizado es insuficiente en una posición mientras que la FIGURA 9B ilustra un caso en que el margen de mecanizado es insuficiente en una pluralidad de posiciones.

Como se ilustra en un diagrama (a) de la FIGURA 9A, cuando el margen de mecanizado es "cero" o "negativo" en una posición (la FIGURA 9 ejemplifica un caso de margen de mecanizado "negativo"), el eje central se cambia en una línea recta que conecta el eje central y la potencial porción de mecanizado hacia el lado opuesto de la posición donde el margen de mecanizado es insuficiente, para que la misma cantidad de margen de mecanizado se pueda producir en ambos lados radiales como se ilustra en un diagrama (b) de la FIGURA 9A. Cuando el margen de mecanizado se vuelve insuficiente en otra posición después del cambio del eje central como se ilustra en un diagrama (c) de la FIGURA 9A, el proceso antemencionado se ejecuta de manera similar (un diagrama (d)). Cuando el proceso finalmente resulta en un eje central por el cual el margen de mecanizado se puede dejar en la periferia externa entera (un diagrama (e)), el eje central obtenido se determina como el eje central para perforar agujeros centrales.

Por otro lado, cuando el margen de mecanizado es insuficiente en una pluralidad de posiciones como se ilustra en un diagrama (a) de la FIGURA 9(B), el proceso antemencionado se ejecutará de manera similar para cada una de la pluralidad de posiciones (diagramas (b) a (d)). Cuando el proceso finalmente resulta en un eje central por el cual el margen de mecanizado se puede dejar en la periferia externa entera (un diagrama (e)), el eje central obtenido se determina como el eje central para perforar agujeros centrales.

## &lt;Características&gt;

De acuerdo con la presente realización ejemplar como se describió anteriormente, los agujeros centrales pueden perforarse en base a la posición del eje central calculada para producir de manera uniforme un margen de mecanizado, incluso cuando las porciones de la pieza bruta de árbol, más cerca de ambas superficies de extremo, se sujetan para evitar que la pieza bruta de árbol oscile fácilmente al maquinar ambas superficies de extremo. Adicionalmente, es posible reducir el margen de mecanizado tanto como sea posible y reducir así de manera destacable el coste del material.

2. Segunda realización ejemplar  
La realización ejemplar antemencionada ha ejemplificado el caso de que se forme una pieza bruta de árbol en una forma cilíndrica. Sin embargo, la presente invención puede aplicarse de manera similar a un caso como ese en que un árbol de levas 40 se maquine como se ilustra en la FIGURA 10. En este caso, el árbol de levas 40 incluye porciones de muñón cilíndrico 41a a 41e y porciones de leva 42a a 42d. De manera similar a la realización ejemplar antemencionada, el método de los mínimos cuadrados para un círculo verdadero se aplica en la presente a las porciones de muñón 41a a 41e. Por otro lado, se aplica el mejor ajuste en base al método de los mínimos cuadrados a los valores de diseño de las formas de leva de las porciones de leva 42a a 42d. Adicionalmente, en cuanto a las formas de leva, los ángulos relativos se fijan preliminarmente entre las porciones de leva respectivas. Por lo tanto, se calcula un eje central al incorporar los ángulos relativos en un cálculo de mejor ajuste.

3. Tercera realización ejemplar  
Como otra realización ejemplar, la FIGURA 11 ilustra un caso en que las potenciales porciones de mecanizado son solo porciones cilíndricas que tienen el mismo diámetro. En este caso, los datos de forma se obtienen en primer lugar para todas las potenciales porciones de mecanizado al medir la forma periférica externa de una pieza bruta de árbol 45. Luego, se calcula un centro de mínimos cuadrados en cada porción cilíndrica en base a los datos de forma obtenidos. Luego, se ejecuta un cálculo para obtener un eje de mínimos cuadrados que pasa a través de la pluralidad de centros de mínimos cuadrados calculados de este modo.

Después de obtener el eje central de esta manera, el proceso posterior es similar a la realización ejemplar antemencionada y se ejecuta una serie de procesos de los Pasos P4 a P10 en la FIGURA 8. Cabe destacar que el proceso de cambio del eje central se ejecuta solo una vez como se describe a continuación. Específicamente, el proceso de "N = 4?" en el Paso P8 se sustituye por "N = 2?".

En el caso de la pieza bruta de árbol 45 como se ilustra en la FIGURA 11, se requiere en el proceso de cambio del Paso P9 trasladar el eje central calculado anteriormente al centro del cilindro inscrito máximo (ver la FIGURA 11) que está inscrito en todas las potenciales porciones de mecanizado y tiene una forma de pieza bruta de árbol. Cuando se determina que no existe margen de mecanizado incluso después del traslado del eje central, la pieza bruta de árbol se excluye inmediatamente como un producto deficiente sin ejecutar el proceso de cambio nuevamente. Esto se debe al hecho de que, incluso si el centro del cilindro inscrito máximo se calcula nuevamente, un resultado es el mismo que el del proceso en el paso anterior y la cantidad de desplazamiento sustancial será "0". En otras palabras, cuando el cálculo se ejecuta una vez para obtener un centro del cilindro inscrito máximo que está inscrito en todas las potenciales porciones de mecanizado y tiene una forma de pieza bruta de árbol y no existe margen de mecanizado incluso después de que un eje central se cambia al centro calculado, es posible excluir inmediatamente la pieza bruta de árbol como un producto deficiente debido a que ya no hay espacio para su modificación.

## 4. Cuarta realización ejemplar

La FIGURA 12A ilustra un rotor de torsión de tres lóbulos 50 para una bomba Roots. El motor de torsión 50 se forma por medio de fundido. En el rotor de torsión 50, las porciones de árbol 51a y 51b en ambos extremos del mismo y una porción de rotor 52 entre las mismas se moldean en diferentes moldes de fundido. Por lo tanto, lo más posible es que los moldes se desalineen unos con otros. Cuando ocurre dicho desalineado de molde, los centros de ambas porciones de árbol de extremo 51a y 51b y el centro de la porción de rotor 52 se supone que no coincidan. En la condición, cuando las posiciones de agujeros centrales se determinan en base a ambas porciones de árbol de extremo 51a y 51b en el método bien conocido, la deficiencia del mecanizado es provocada al maquinar la porción de rotor en base a los agujeros centrales.

La FIGURA 12 B ilustra una condición de la deficiencia del mecanizado. Un diagrama (a) de la FIGURA 12B representa un margen de mecanizado en los datos de diseño con líneas sombreadas. Como se ilustra en el diagrama, el margen de mecanizado uniforme se ajusta en la periferia externa entera de la porción de rotor 52 en los datos de diseño. Por otro lado, un diagrama (b) de la FIGURA 12B ilustra un caso en que los agujeros centrales se perforan en base al método bien conocido y la porción de rotor 52 se maquina cuando se provoca el desalineado de molde y, de esta manera, los centros de ambas porciones de árbol de extremo 51a y 51b y el centro de la porción de rotor 52 no coinciden. Como es obvio a partir del diagrama, se deja una superficie de pieza bruta en una parte de la periferia externa de la porción de rotor 52.

Incluso al determinar los agujeros centrales del rotor de torsión 50 como se estructuró anteriormente, la porción del rotor 52 puede maquinarse sin dejar la superficie de pieza bruta en la periferia externa del mismo mediante la aplicación de la presente invención.

Específicamente, los datos de forma reales se obtienen en primera instancia para la porción del rotor 52 al medir la forma periférica externa de la porción de rotor 52 en una pluralidad de posiciones axiales. A continuación, se calculan los centros de los mínimos cuadrados en la pluralidad de posiciones axiales para la porción de rotor 52 a través del mejor ajuste entre los datos de forma obtenidos y los datos de diseño que indican la forma ideal de la porción de rotor 52. A continuación, en base a los centros de los mínimos cuadrados en la pluralidad de posiciones axiales, una línea más cercana a todos los centros de los mínimos cuadrados (es decir, un eje central) se calcula adicionalmente en base al método de los mínimos cuadrados. A continuación, se calcula una distancia desde el eje central calculado a la superficie periférica externa de la porción de rotor medida. En base a esto, se calcula y determina si la superficie de pieza bruta se deja o no en la periferia externa entera de la porción de rotor 52. Cuando se determina que se deja la superficie de pieza bruta, el eje central se cambia en una dirección para eliminar la superficie de pieza bruta. Entonces, se ejecuta nuevamente la simulación de cálculo antemencionada. Finalmente, el eje central se fija para producir una cantidad predeterminada de margen de mecanizado en la periferia externa entera de la porción de rotor. Entonces, los agujeros centrales se perforan en las superficies de extremo de ambas porciones de árbol de extremo 51a y 51b en posiciones dispuestas en la extensión del eje central.

En la realización ejemplar configurada de este modo, incluso cuando el rotor de torsión cuando un trabajo no está sujetado de manera apropiada, una serie de acciones de medición al mecanizado se ejecutan en la condición de manera similar a las realizaciones ejemplares respectivas antemencionadas. Por lo tanto, los agujeros centrales pueden perforarse en posiciones apropiadas. Adicionalmente, el margen de mecanizado puede reducirse.

Cabe destacar que, de manera similar a las realizaciones ejemplares antemencionadas, un material se excluye como un producto deficiente cuando el margen de mecanizado no puede producirse de manera confiable incluso después de cambiar el eje central.

## APLICABILIDAD INDUSTRIAL

De acuerdo con el método de mecanizado de agujero central y el aparato de mecanizado de agujero central, es posible fijar de manera apropiada una posición de un agujero central y evitar que una superficie de pieza bruta permanezca en la pieza bruta de árbol después del mecanizado incluso cuando el margen de mecanizado de la pieza bruta de árbol se fija para ser pequeño.

Por lo tanto, el coste del material puede reducirse.

## 55 LISTA DE SIGNOS DE REFERENCIA

1, 40, 45	Pieza bruta de árbol
10	Máquina de mecanizado de agujero central
11	Medidor de forma
12a, 12b	Parte de mecanizado
13a, 13b	Mandril centrípeto
20	Ordenador
30	Máquina de mecanizado

## REIVINDICACIONES

1. Un método de mecanizado de agujero central para una pieza bruta de árbol (1, 40, 45), estando el método de mecanizado de agujero central configurado para maquinar un agujero central para procesar una periferia externa de la pieza bruta de árbol (1, 40, 45) formada mediante forjado o fundido, comprendiendo el método de mecanizado de agujero central:
- 5      un primer paso para obtener datos de forma periférica externa de una pluralidad de porciones de la pieza bruta de árbol (1, 40, 45) en una dirección axial.
- 10     un segundo paso para obtener un eje central para determinar el agujero central al comparar los datos medidos de la pluralidad de porciones de la pieza bruta de árbol (1, 40, 45) con datos de diseño que corresponden a las mismas;
- 15     un tercer paso para calcular la distancia mínima (Rmin) del eje central a la periferia externa de cada una de la pluralidad de porciones de la pieza bruta de árbol (1, 40, 45);
- 15     **caracterizado por** un cuarto paso para determinar el eje central como un eje central apropiado cuando la distancia mínima (Rmin) en cada una de las porciones es mayor que una dimensión de mecanizado (R0); y cambiar el eje central en una dirección para hacer la distancia mínima (Rmin) mayor que la dimensión de mecanizado (R0) y ejecutar repetidamente el tercer paso en base al eje central cambiado cuando la distancia mínima (Rmin) es menor o igual a la dimensión de mecanizado (R0); y
- 20     un quinto paso para perforar un agujero central en una superficie de extremo de la pieza bruta de árbol (1, 40, 45) en una posición dispuesta en una línea extendida desde el eje central determinado como el eje central apropiado.
- 25     2. El método de mecanizado de agujero central para una pieza bruta de árbol (1, 40, 45) descrito en la reivindicación 1, en donde el cuarto paso incluye un paso para determinar la pieza bruta de árbol (1, 40, 45) como un producto deficiente y excluir la pieza bruta de árbol (1, 40, 45) de una línea de mecanizado cuando la distancia mínima (Rmin) permanece menor que la dimensión de mecanizado (R0) incluso después de que el eje central se ha cambiado en una cantidad de veces predeterminadas.
- 30     3. El método de mecanizado de agujero central para una pieza bruta de árbol (1, 40, 45) descrito en una de las reivindicaciones 1 y 2, en donde el segundo paso es un paso para obtener un eje central para determinar el agujero central usando un método de los mínimos cuadrados.
- 35     4. El método de mecanizado de agujero central para una pieza bruta de árbol (1, 40, 45) descrito en una de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el quinto paso incluye: un paso de fresado de fresar ambas superficies de extremo de la pieza bruta de árbol (1, 40, 45); y un paso de agujereado de perforar un agujero central en cada una de las superficies de extremo fresado de la pieza bruta de árbol (1, 40, 45).
- 40     5. Un aparato de mecanizado de agujero central (10) para una pieza bruta de árbol (1, 40, 45), configurado para maquinar un agujero central para maquinar una periferia externa de la pieza bruta de árbol (1, 40, 45) formada mediante forjado o fundido, comprendiendo el método de mecanizado de agujero central (10):
- 45      una unidad de obtención de datos de forma (11) configurada para obtener datos de forma periférica externa de una pluralidad de porciones de la pieza bruta de árbol (1, 40, 45) en una dirección axial;
- 45      una unidad de cálculo de eje central configurada para obtener un eje central para determinar el agujero central al comparar los datos medidos de la pluralidad de porciones de la pieza bruta de árbol (1, 40, 45) con datos de diseño que corresponden a la misma;
- 50      una unidad de cálculo de distancia mínima configurada para calcular una distancia mínima (Rmin) del eje central a la periferia externa de cada una de la pluralidad de porciones de la pieza bruta de árbol (1, 40, 45);
- 50      **caracterizado por** una unidad de determinación de eje central configurada para determinar el eje central como un eje central apropiado cuando la distancia mínima (Rmin) en cada una de las porciones es mayor que una dimensión de mecanizado (R0); y cambiar el eje central en una dirección para hacer la distancia mínima (Rmin) mayor que la dimensión de mecanizado (R0) y ejecutar repetidamente el proceso del cálculo de la distancia mínima (Rmin) en base al eje central cambiado cuando la distancia mínima (Rmin) es menor o igual a la dimensión de mecanizado (R0); y
- 55      una unidad de mecanizado del agujero central se configura para perforar un agujero central en una superficie de extremo de la pieza bruta de árbol (1, 40, 45) en una posición dispuesta en una línea extendida desde el eje central determinada como el eje central apropiado.

FIG. 1A

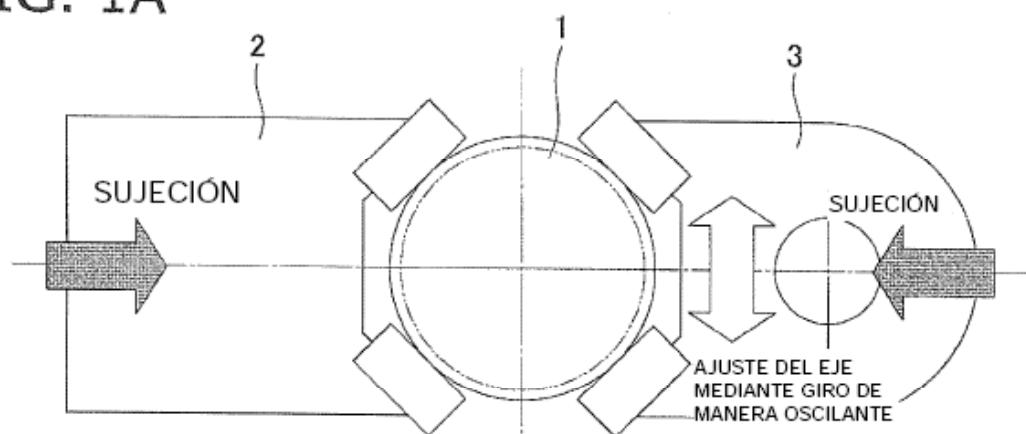


FIG. 1B

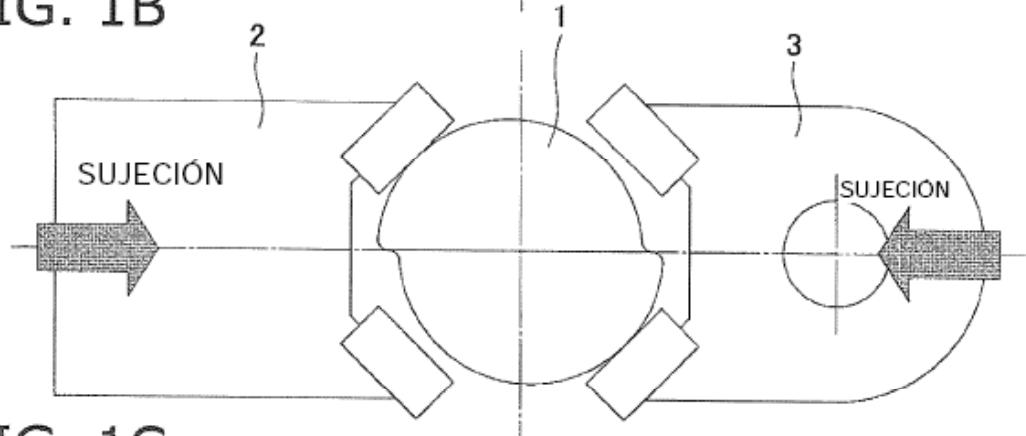
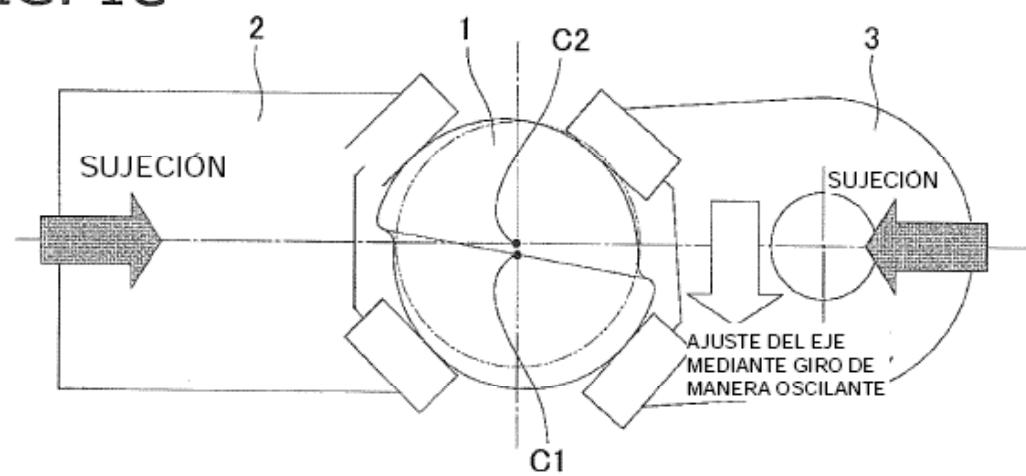


FIG. 1C



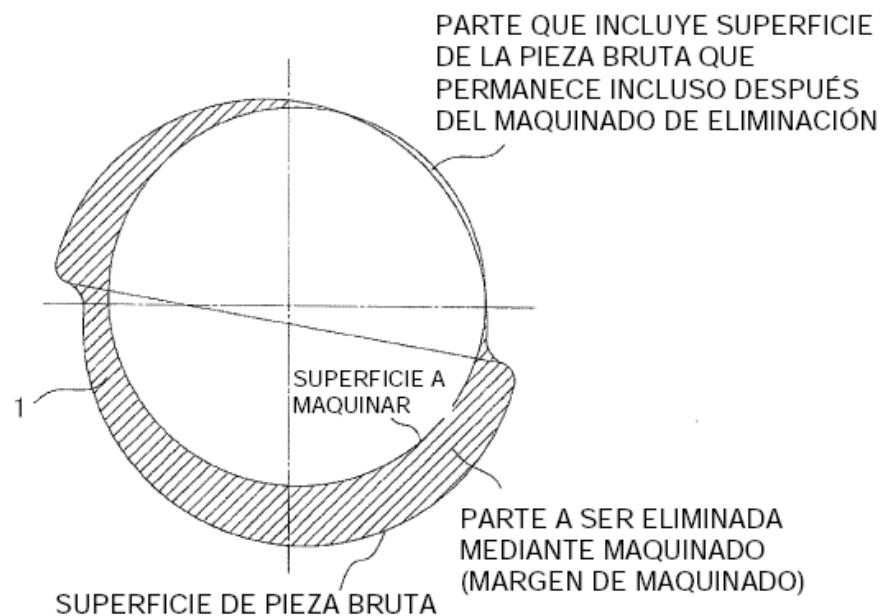


FIG. 2

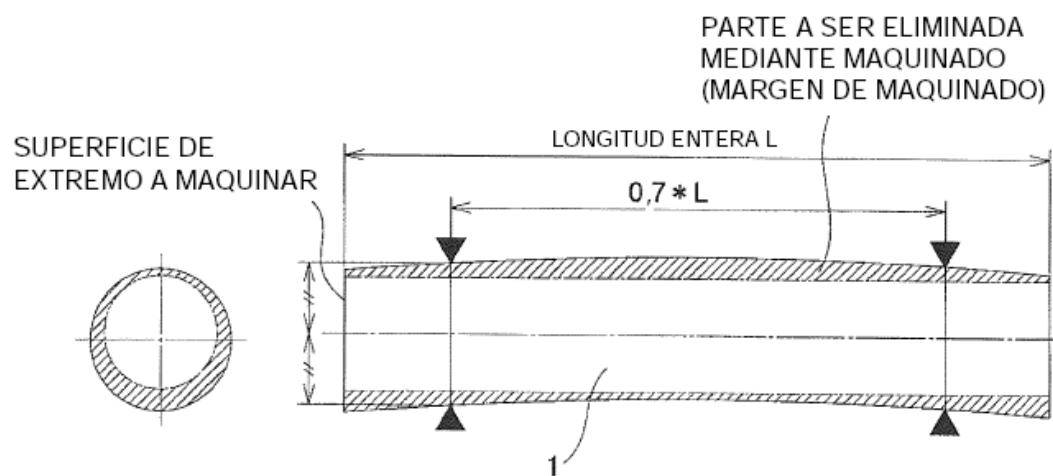


FIG. 3A

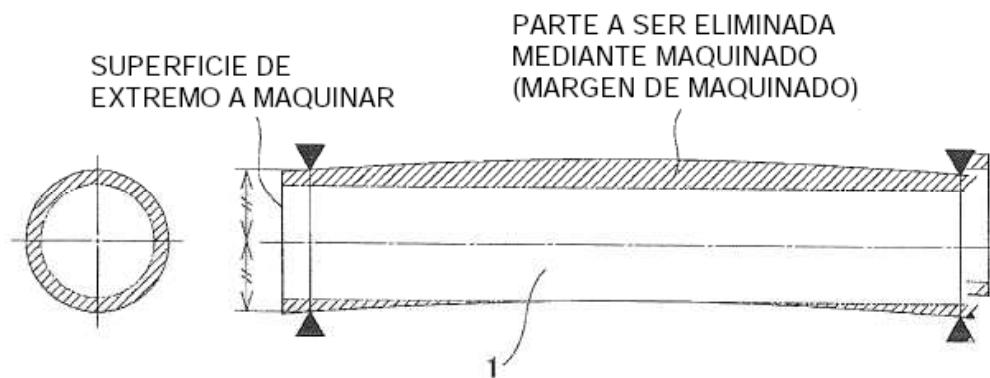


FIG. 3B

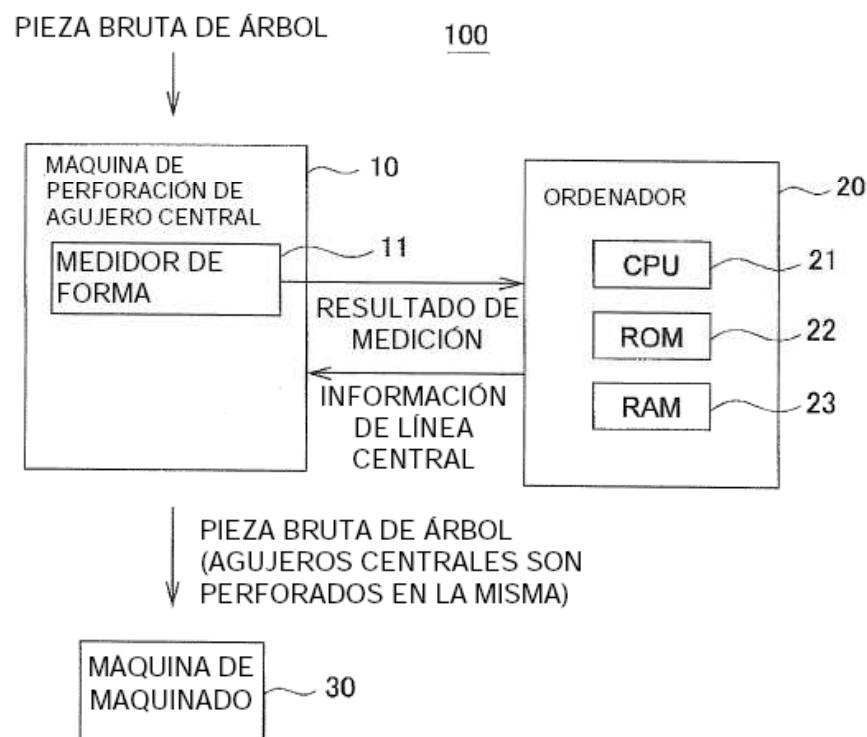


FIG. 4

FIG. 5A

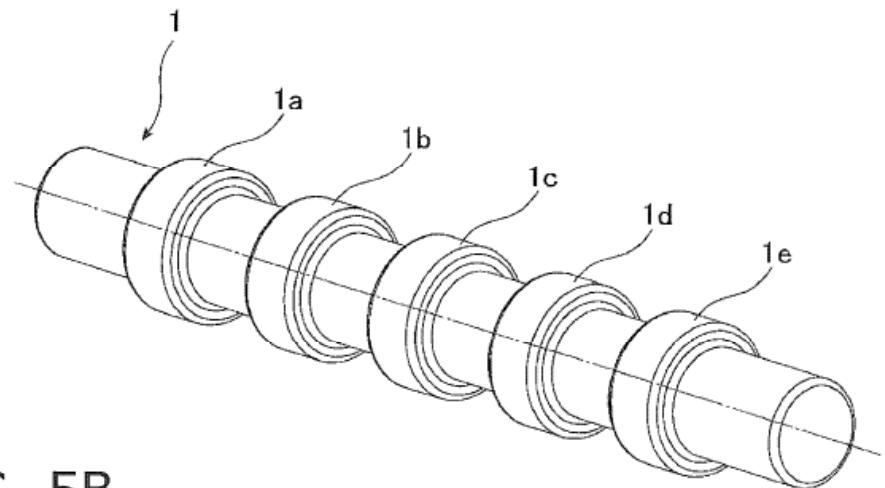
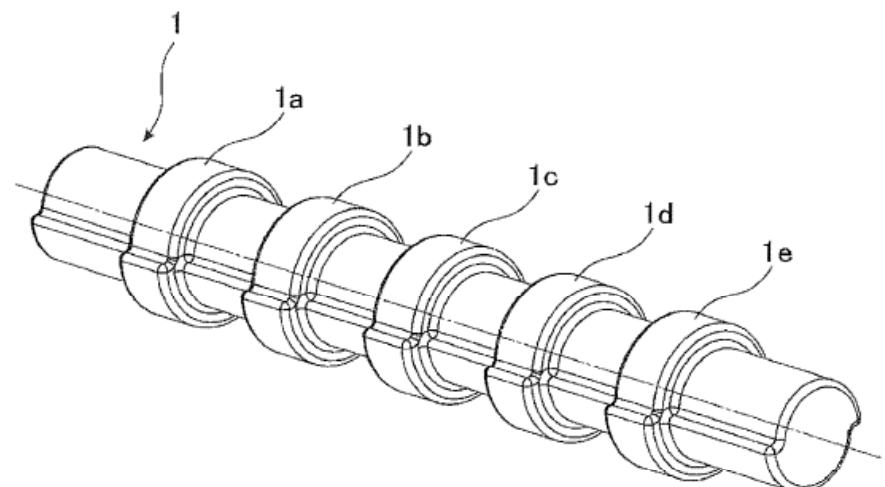


FIG. 5B



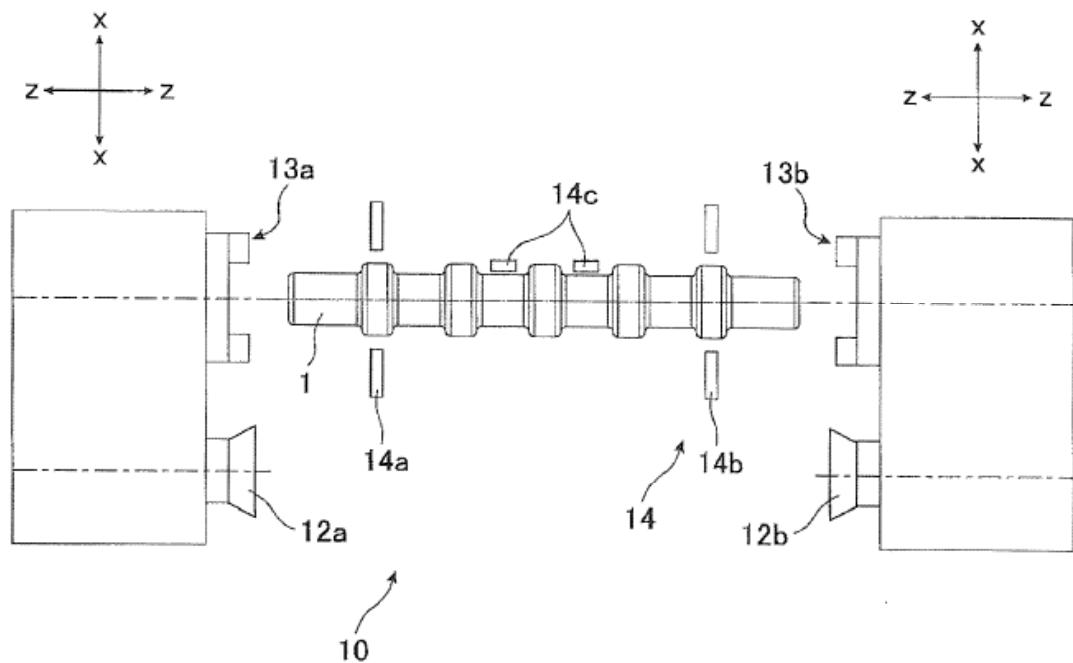


FIG. 6

FIG. 7A

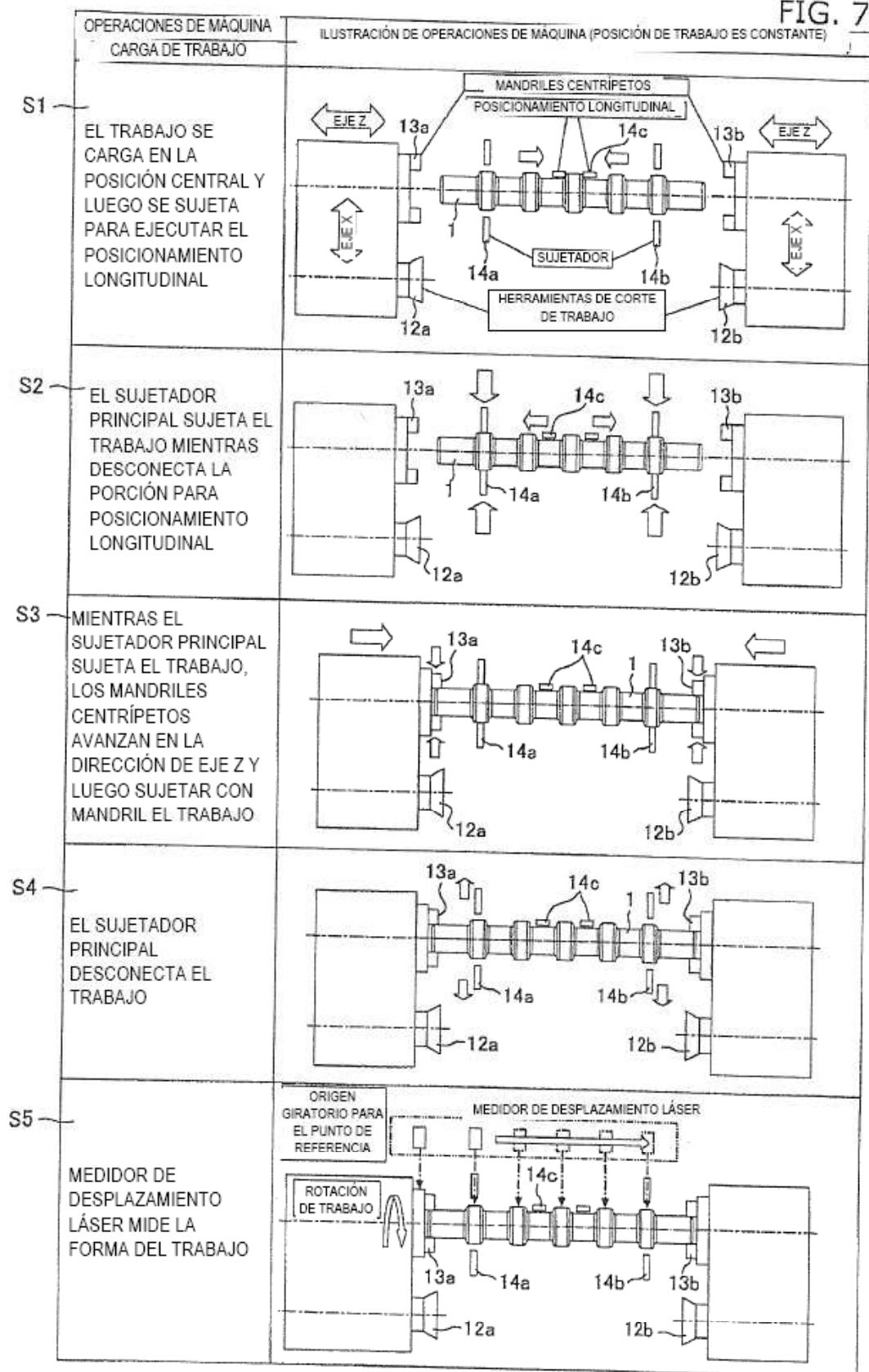


FIG. 7B

S6	SUJETADOR PRINCIPAL SUJETA EL TRABAJO	
S7	LOS MANDRILES CENTRÍPETOS DESCONECTAN EL TRABAJO Y LUEGO SE RETRAEN EN DIRECCIÓN AL EJE Z	
S8	LAS PARTES DE MAQUINADO AVANZAN EN DIRECCIÓN AL EJE X Y LUEGO AVANZAN EN DIRECCIÓN AL EJE Z Y MÁS ALLÁ, FRESAN LAS SUPERFICIES EXTREMAS DEL TRABAJO MIENTRAS AVANZAN EN DIRECCIÓN AL EJE X	
S9	LAS PARTES DE MAQUINADO MAQUINAN AGUJEROS CENTRALES EN POSICIONES CENTRALES ÓPTIMAS DE TRABAJO OBTENIDAS POR COMPUTACIÓN DEL TRABAJO MIENTRAS AVANZAN EN DIRECCIÓN AL EJE Z	
S10	EL SUJETADOR PRINCIPAL DESCONECTA EL TRABAJO DESPUÉS DE QUE LAS PARTES DE MAQUINADO SE RETRAEN EN DIRECCIÓN AL EJE Z	
	DESCARGA DE TRABAJO	

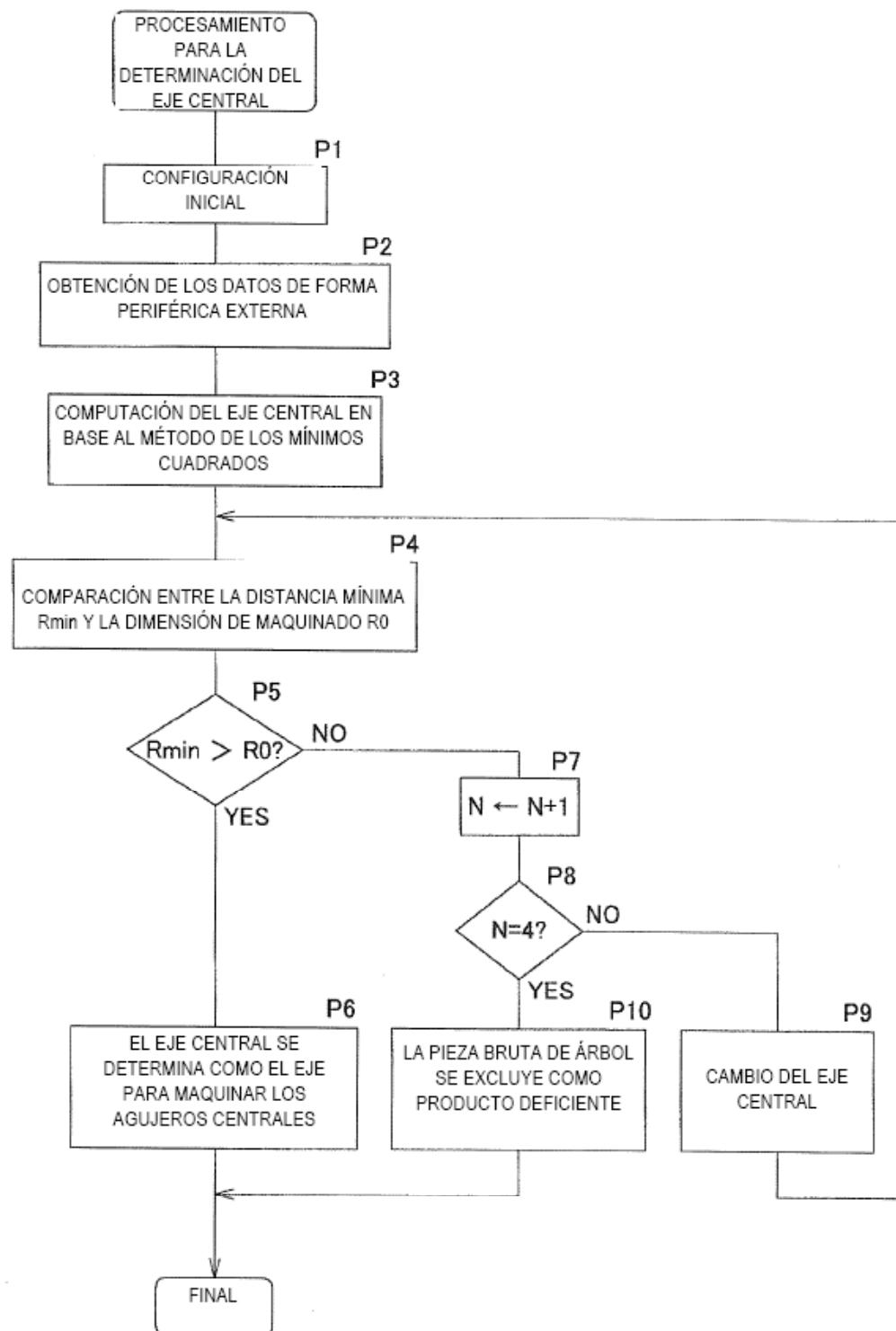


FIG. 8

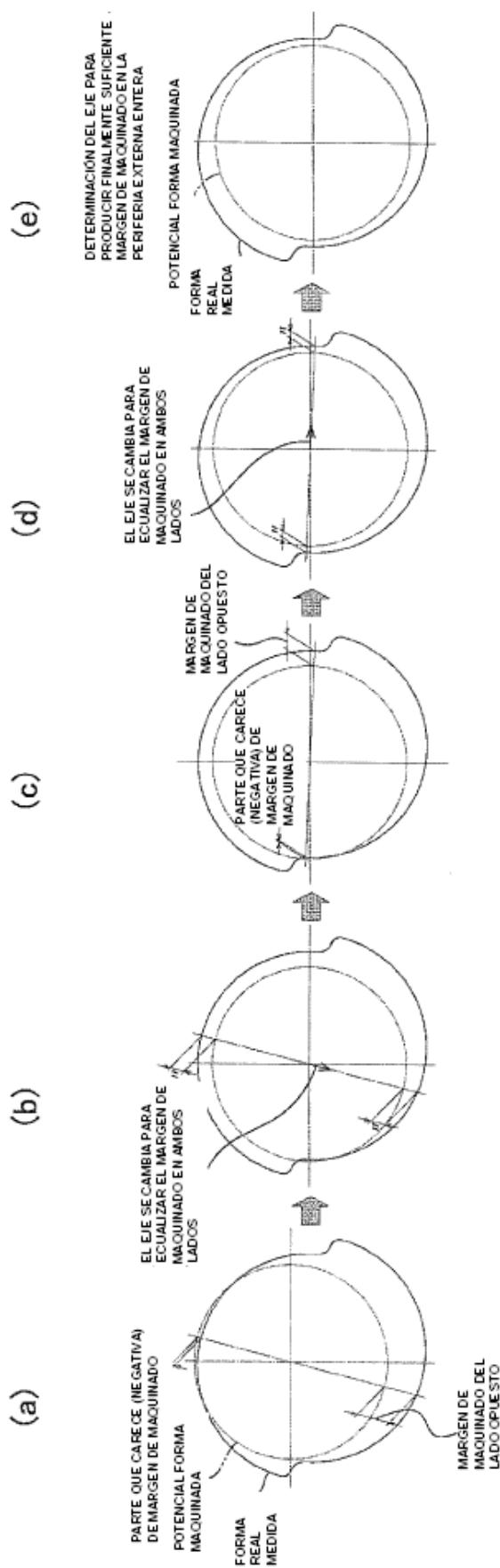


FIG. 9A

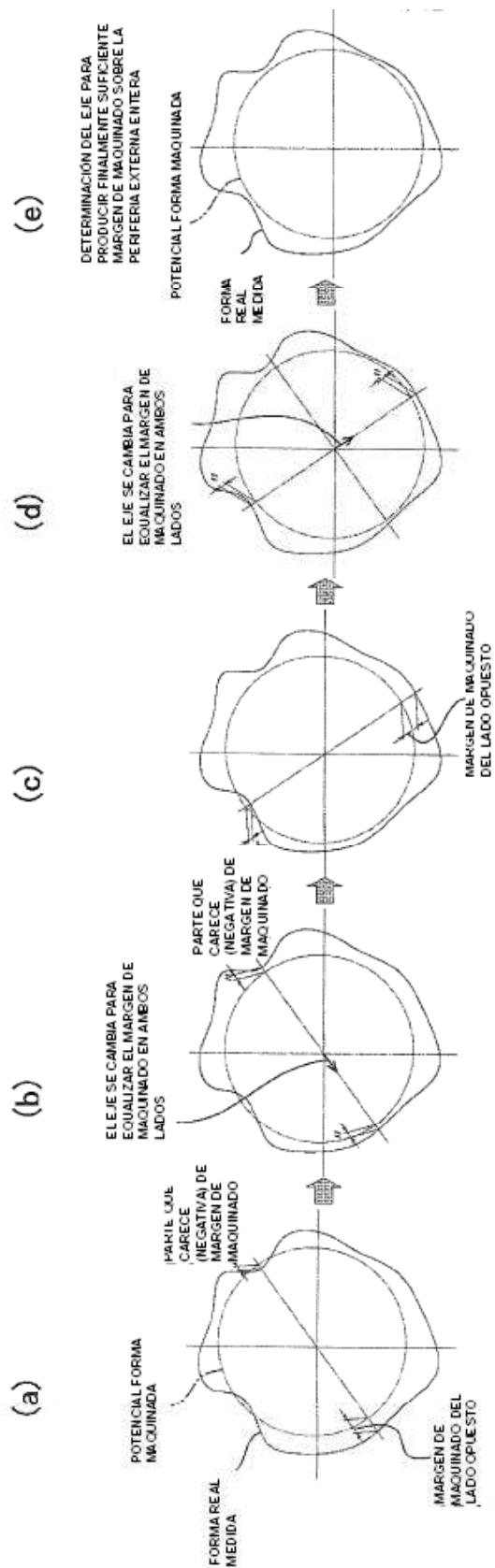


FIG. 9B

FIG. 10

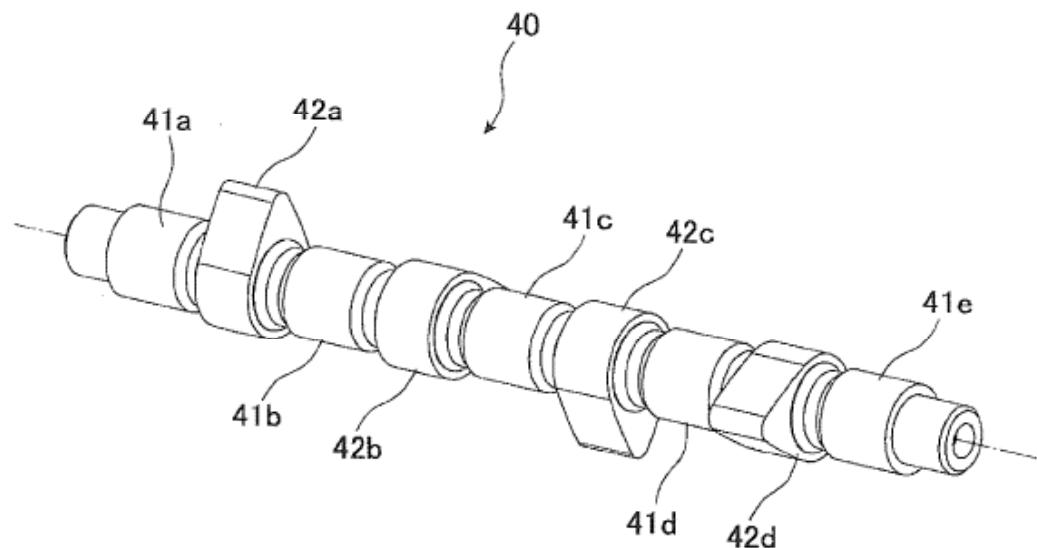


FIG. 11

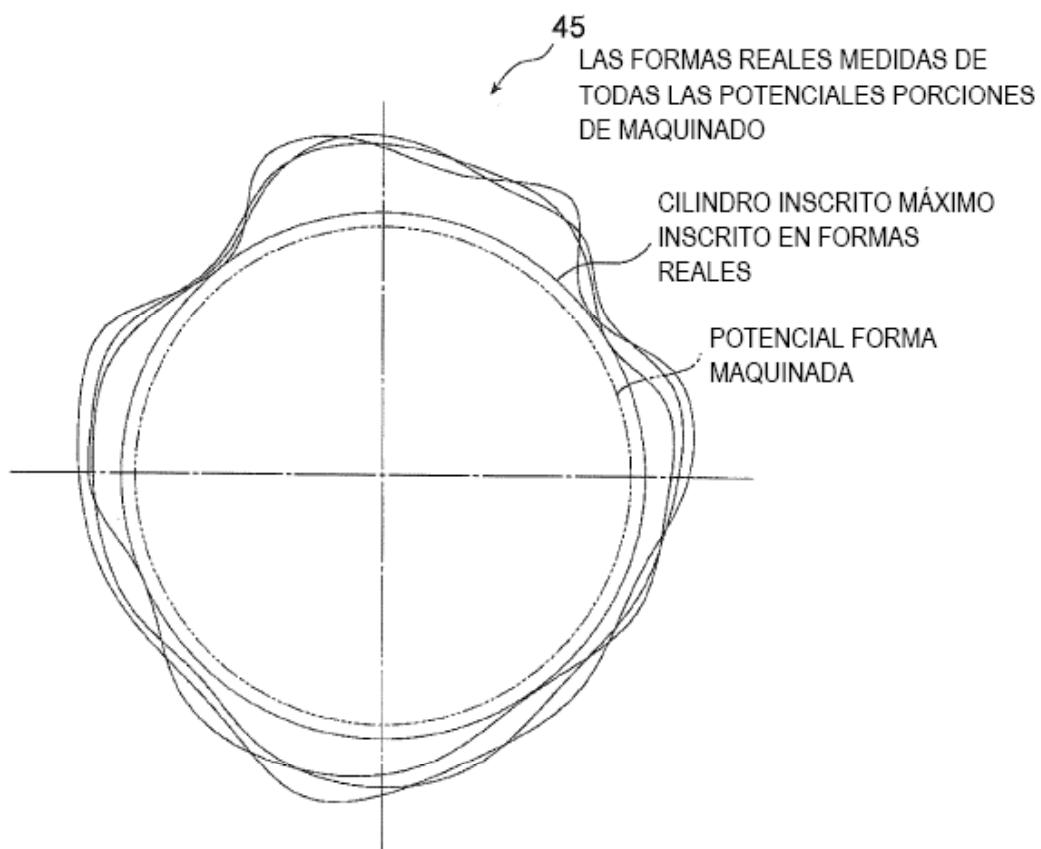


FIG. 12A

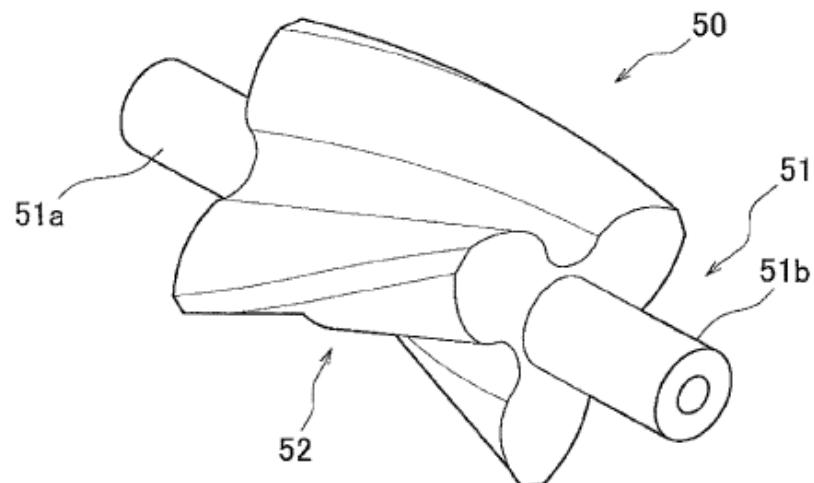


FIG. 12B

(a)

(b)

PARTE QUE TIENE UNA SUPERFICIE DE PIEZA  
BRUTA QUE PERMANECE INCLUSO DESPUÉS  
DEL MAQUINADO DE ELIMINACIÓN

