



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



⑪ Número de publicación: **3 000 083**

⑮ Int. Cl.:

G05B 19/18 (2006.01)
B24B 19/12 (2006.01)

⑫

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑥ Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.02.2018** PCT/GB2018/050488

⑦ Fecha y número de publicación internacional: **20.06.2019** WO19115985

⑨ Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.02.2018** E 18709723 (3)

⑩ Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.10.2024** EP 3724731

④ Título: **Máquinas herramienta y métodos de operación de las mismas**

⑩ Prioridad:

12.12.2017 GB 201720678

⑤ Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

27.02.2025

⑦ Titular/es:

FIVES LANDIS LIMITED (100.00%)
Eastburn Works, Skipton Road, Cross Hills
Keighley, Yorkshire BD20 7SD, GB

⑧ Inventor/es:

SKINNER, MICHAEL D. y
TURNER, DANIEL P.

⑨ Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 3 000 083 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

Máquinas herramienta y métodos de operación de las mismas

5 **Campo de la descripción**

La presente descripción se refiere a máquinas herramienta y métodos de operación de las mismas. Más particularmente, se refiere a máquinas herramienta para formar una superficie circunferencial no circular en una pieza de trabajo giratoria.

10 **Antecedentes de la descripción**

Un ejemplo bien conocido de un perfil no circular que se forma en una pieza de trabajo giratoria mediante máquinas herramienta es un lóbulo de leva en un árbol de levas. Los perfiles de leva se describen frecuentemente mediante una serie de valores de elevación que indican la distancia que separa radialmente la superficie de la leva de un “diámetro de círculo base” en una serie de incrementos definidos angularmente alrededor de la superficie de la leva. Por ejemplo, se puede establecer una serie de valores de elevación en una tabla de elevación que especifica 360 valores de elevación, uno para cada grado de rotación de la leva.

20 Se puede usar una máquina herramienta que tiene una muela de rectificado para formar un perfil de leva deseado en una pieza de trabajo, controlando la posición de avance de una muela de rectificado a medida que la pieza de trabajo gira alrededor de un eje longitudinal. En el documento US-3.619.581 se describe un sistema de control numérico para generar un perfil de leva en una pieza de trabajo. La ubicación del punto de contacto entre un perfil de pieza de trabajo no circular y una muela de rectificado circular se moverá circunferencialmente alrededor del perfil de la muela a medida que la pieza de trabajo gira, y esto debe tenerse en cuenta al determinar el movimiento de avance de la muela de rectificado con respecto a la pieza de trabajo.

25 La muela de rectificado avanza gradualmente hacia la pieza de trabajo para acercarse al perfil final deseado para la pieza de trabajo. El avance se logra en una serie de incrementos que se hacen más pequeños hacia el tamaño final, finalizando con una o dos vueltas de la pieza de trabajo con el tamaño final para su acabado. El tamaño de los incrementos (es decir, la “profundidad de corte”) determina la tasa de eliminación de material, que se mantiene por debajo de un umbral para evitar daños térmicos en la pieza de trabajo o un desgaste excesivo de la muela de rectificado. El documento US-4.905.418 describe un proceso para rectificar las levas de un árbol de levas por medio de una rectificadora de árboles de levas controlada numéricamente.

30 35 Un artículo titulado “A hybrid model using genetic algorithm and neural network for process parameters optimization in NC camshaft grinding”, de Z. H. Deng y col., publicado en The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol. 45, en 2009, en las páginas 859 a 866, describe el uso de una red neuronal artificial híbrida y un algoritmo genético para determinar parámetros de proceso.

40 45 “A multi-objective genetic algorithm (GA) approach for optimization of surface grinding operations” se describe en un artículo de R. Saravanan y col., publicado en The International Journal of Machine Tools and Manufacture, vol. 42, en 2002, en las páginas 1327 a 1334.

45 50 El documento US2017/0072527 describe un método de rectificado para rectificar piezas de trabajo no circulares. El documento EP1473113 se refiere a un método para rectificar un componente, tal como una leva.

Resumen de la descripción

55 60 La presente descripción da a conocer una máquina herramienta para mecanizar una pieza de trabajo según la reivindicación 1.

65 70 El perfil de velocidad de pieza de trabajo depende de varios parámetros y un algoritmo evolutivo resulta particularmente ventajoso para estas circunstancias, ya que es capaz de determinar soluciones en un espacio de búsqueda complejo definido por múltiples parámetros.

75 Preferiblemente, el algoritmo evolutivo es un algoritmo genético.

80 85 Según un ejemplo preferido, el algoritmo evolutivo genera una población de perfiles de velocidad de pieza de trabajo candidatos y la aptitud de cada perfil de velocidad de pieza de trabajo candidato se determina mediante la disposición de control con referencia a la duración de una rotación de la pieza de trabajo según el perfil de velocidad de pieza de trabajo candidato. Así, el algoritmo evolutivo puede usar los candidatos mejor clasificados según la medida o función de aptitud para generar una población adicional de perfiles de velocidad de pieza de trabajo candidatos y, de este modo, puede determinarse la aptitud de cada candidato de la población adicional para identificar los candidatos más adecuados. De esta manera, los perfiles de velocidad evolucionan de cada población a la siguiente. Por lo tanto, el

algoritmo evolutivo puede explorar el espacio de búsqueda para encontrar perfiles de velocidad que permiten obtener duraciones más cortas para la rotación de la pieza de trabajo para un perfil de pieza de trabajo determinado.

5 El algoritmo evolutivo puede tratar de determinar si cada perfil de velocidad de pieza de trabajo candidato es aceptable con referencia a un conjunto de parámetros que definen los límites operativos de máquina. En un ejemplo de la presente descripción, el algoritmo evolutivo genera una población de perfiles de velocidad de pieza de trabajo candidatos y la disposición de control rechaza un perfil de velocidad de pieza de trabajo candidato si supera un valor máximo de umbral para al menos uno de los siguientes parámetros operativos de máquina: velocidad de rotación, aceleración y tirón de la pieza de trabajo; y velocidad, aceleración y tirón del movimiento relativo del portaherramientas y del soporte de pieza de trabajo mediante el mecanismo de accionamiento.

10 Se puede generar aleatoriamente una población inicial de perfiles de velocidad de pieza de trabajo candidatos en todo el espacio de búsqueda. Alternativamente, el algoritmo evolutivo se puede “inicializar” proporcionando un perfil de velocidad de pieza de trabajo predeterminado como punto de partida. El perfil de velocidad de rotación de pieza de trabajo predeterminado puede tener un valor de velocidad constante. En otros ejemplos, puede ser un perfil de velocidad predeterminado que define la variación de la velocidad durante una rotación parcial o completa de una pieza de trabajo. Así, el algoritmo realiza modificaciones en el perfil de “inicialización” para generar nuevos perfiles de candidato.

15 20 Los nuevos perfiles de candidato pueden generarse usando operadores genéticos tales como cruce, mutación, reagrupamiento, colonización-extinción o migración, por ejemplo. En ejemplos preferidos, solo se usan técnicas de mutación y cruce. Más preferiblemente, solo se usa mutación para generar nuevos perfiles de candidato, ya que se descubrió que esto genera buenos resultados con relativa rapidez.

25 30 En un ejemplo preferido, el algoritmo evolutivo genera una población de perfiles de velocidad de pieza de trabajo candidatos, comprendiendo cada perfil una secuencia de valores de velocidad que representan las velocidades de rotación para un conjunto correspondiente de posiciones de rotación de la pieza de trabajo. La disposición de control puede limitar la diferencia entre cada valor de velocidad y el valor de velocidad adyacente en cada lado del mismo en la secuencia para que esté dentro de un intervalo predeterminado, es decir, hasta, aunque sin superar, un umbral de diferencia predeterminado.

La limitación de la diferencia entre los valores de velocidad adyacentes puede servir para reducir la probabilidad de que se superen los límites de aceleración y tirón de la máquina.

35 40 Dado que el uso de un algoritmo evolutivo busca inherentemente los perfiles candidato que ofrecen mejoras, tiende a desarrollar nuevos candidatos al centrarse en cambios en las regiones del perfil en donde existe un mayor margen de mejora. Estas regiones pueden ser, por ejemplo, regiones en las que la velocidad superficial puede aumentar, o regiones en las que el avance no cambia significativamente.

45 50 El algoritmo evolutivo puede generar un perfil de velocidad correspondiente a las velocidades de movimiento relativo del portaherramientas y del soporte de pieza de trabajo mediante el mecanismo de accionamiento en asociación con cada uno de una población de perfiles de velocidad de pieza de trabajo candidatos.

55 60 De este modo, se ensaya el perfil de velocidad de pieza de trabajo candidato mejor clasificado para comprobar si el algoritmo debe terminarse. Por ejemplo, este puede ser el caso cuando el candidato mejor clasificado (o su aptitud) es sustancialmente igual o igual que el candidato mejor clasificado (o su aptitud) de la iteración anterior del algoritmo.

65 70 El mecanismo de accionamiento puede controlarse para proporcionar cambios incrementales o continuos en el avance de una herramienta con respecto a una pieza de trabajo durante un proceso de mecanizado.

75 80 Después de calcular un perfil de velocidad de pieza de trabajo, la disposición de control puede calcular una profundidad de corte máxima que proporciona tasas de eliminación de material específicas que son inferiores o iguales a una tasa de eliminación de material específica máxima predeterminada con respecto al perfil de velocidad de pieza de trabajo calculado. Las tasas de eliminación de material específicas pueden calcularse mediante la disposición de control usando métodos conocidos.

85 90 De manera alternativa o adicional, después de calcular un perfil de velocidad de pieza de trabajo, la disposición de control puede calcular una profundidad de corte máxima que se determina por la disposición de control para generar temperaturas de pieza de trabajo inferiores o iguales a una temperatura de pieza de trabajo máxima predeterminada con respecto al perfil de velocidad de pieza de trabajo calculado. Las temperaturas de pieza de trabajo que es probable que se generen pueden estimarse mediante la disposición de control usando métodos conocidos de predicción de temperatura durante los procesos de rectificado.

95 Una persona experta en la técnica entenderá que la profundidad de corte es la profundidad del material que se va a eliminar del perímetro de la pieza de trabajo mediante el movimiento incremental de la herramienta y la pieza de trabajo

una hacia la otra durante el proceso de mecanizado. En una realización preferida, la profundidad de corte máxima se calcula con referencia al perfil acabado deseado de la pieza de trabajo.

5 Esta profundidad de corte máxima se puede usar para cada corte incremental (o una pluralidad de los cortes incrementales) realizado durante el mecanizado de la pieza de trabajo.

10 Para traducir la profundidad de corte en señales de control para el mecanismo de accionamiento cuando la herramienta es una muela de rectificado, se entenderá que la disposición de control necesitará realizar ajustes teniendo en cuenta el radio de la muela de rectificado y cambios en el perfil de la pieza de trabajo a medida que avanza la operación de mecanizado, ya que el punto de contacto entre la muela y la pieza de trabajo oscilará con respecto al eje de rotación de la muela durante una operación de mecanizado.

15 En otros ejemplos, el algoritmo evolutivo puede calcular un valor de profundidad de corte. Se puede especificar inicialmente una profundidad de corte predeterminada para "inicializar" el algoritmo. La disposición de control puede determinar una profundidad de corte calculada usando el algoritmo evolutivo que se combina con un perfil de velocidad de pieza de trabajo calculado para proporcionar una operación de mecanizado que la disposición de control predice que estará dentro de uno o más límites predeterminados del proceso de mecanizado, tal como una tasa de eliminación de material específica máxima y/o una temperatura de pieza de trabajo máxima.

20 En los ejemplos preferidos, la disposición de control puede calcular usando el algoritmo evolutivo variaciones que se realizarán en la profundidad de corte durante el transcurso de una operación de mecanizado.

25 En un ejemplo preferido, la máquina herramienta es una rectificadora y el portaherramientas sirve para soportar una muela de rectificado.

25 Además, la presente descripción da a conocer un método para generar un perfil de velocidad de pieza de trabajo para su uso por una máquina herramienta según la reivindicación 12.

30 El perfil de velocidad de pieza de trabajo calculado puede introducirse así en la disposición de control de la máquina herramienta, haciendo que la máquina herramienta mecanice el perfil deseado en la pieza de trabajo.

La presente descripción también da a conocer un método para mecanizar una pieza de trabajo usando una máquina herramienta según la reivindicación 13.

35 **Breve descripción de los dibujos**

A continuación se describirán ejemplos según la presente descripción, a manera de ejemplo y con referencia a los dibujos esquemáticos adjuntos, en donde:

40 La figura 1 es una vista lateral de una máquina herramienta según la presente descripción;

la figura 2 es una vista en planta de partes de la máquina herramienta de la figura 1;

45 la figura 3 es un diagrama de bloques que muestra componentes de una disposición de control de la máquina herramienta de las figuras 1 y 2;

la figura 4 es un diagrama de flujo que representa etapas de un algoritmo evolutivo para su uso en la presente descripción;

50 las figuras 5, 8 y 11 muestran ejemplos de perfiles de pieza de trabajo no circulares;

las figuras 6, 9 y 12 muestran perfiles de velocidad de pieza de trabajo para su uso en el mecanizado de los perfiles de las figuras 5, 8 y 11, respectivamente, que se han calculado usando técnicas conocidas; y

55 Las figuras 7, 10 y 13 muestran perfiles de velocidad de pieza de trabajo para su uso en el mecanizado de los perfiles de las figuras 5, 8 y 11, respectivamente, que se han calculado según la presente descripción.

Descripción detallada de los dibujos

60 En las figuras 1 y 2 se muestra un ejemplo de una máquina herramienta según la presente descripción. La máquina herramienta 2 tiene una bancada 4. La bancada soporta un portaherramientas en forma de cabezal 6 de muela. El mismo incluye un husillo de accionamiento para hacer girar una muela 8 de rectificado alrededor de un eje 10 de rotación. Se usa un mecanismo de accionamiento (no mostrado) para mover el cabezal 6 de muela a lo largo de un eje de máquina lineal paralelo al eje X de referencia.

La bancada 4 también soporta un cabezal 12. Un soporte 14 de pieza de trabajo es soportado por un husillo 16 de accionamiento, montado a su vez en el cabezal 12. El husillo 16 de accionamiento es operable para girar el soporte 14 de pieza de trabajo alrededor de un eje 18 de rotación en una dirección C. El eje 18 es perpendicular al eje X de referencia lineal. Una pieza 20 de trabajo está soportada por el soporte 14 de pieza de trabajo y un contrapunto 22.

5 La máquina herramienta incluye una disposición 24 de control que está acoplada de manera comunicativa al husillo de accionamiento de soporte de herramienta, al husillo de accionamiento de soporte de pieza de trabajo y al mecanismo de accionamiento para mover el cabezal de muela. La disposición de control tiene una entrada 26 para introducir datos que definen un perfil a mecanizar en una pieza de trabajo. La disposición de control también incluye 10 un procesador y una memoria. El procesador sirve para ejecutar instrucciones cargadas en la memoria y recibir datos a través de la entrada 26. El procesador puede ser un número de procesadores, un núcleo multiprocesador o algún otro tipo de procesador, dependiendo de la implementación particular. La memoria es cualquier elemento de hardware que es capaz de almacenar información, tal como, por ejemplo, sin limitarse a, datos, código de programa en forma 15 funcional y otra información adecuada, ya sea de manera temporal o permanente. La memoria puede ser, por ejemplo, una memoria de acceso aleatorio o cualquier otro dispositivo de almacenamiento volátil o no volátil adecuado.

Durante el funcionamiento de la máquina herramienta, la muela 8 de rectificado avanza hacia la pieza 20 de trabajo a 20 lo largo de la dirección X. Se entenderá que el movimiento relativo entre la pieza de trabajo y la muela de rectificado a lo largo de la dirección X también puede lograrse moviendo el cabezal 12 y el contrapunto 22 con respecto a la bancada además o en lugar del movimiento del portaherramientas 6. La muela de rectificado también se puede mover con respecto a la pieza de trabajo a lo largo de un eje de máquina paralelo al eje Z de referencia, perpendicular al eje 25 X de referencia. De nuevo, este movimiento relativo puede lograrse de manera alternativa o adicional mediante el movimiento del cabezal 12 y el contrapunto 22 a lo largo de un eje de máquina paralelo al eje Z de referencia con respecto a la bancada.

25 La figura 3 es un diagrama de bloques que muestra componentes de una disposición 24 de control de la máquina herramienta de las figuras 1 y 2. El artículo 200 representa un “programa de pieza”. El mismo incluye detalles de la pieza de trabajo que se va a mecanizar, tales como las ubicaciones de diferentes características en la pieza de trabajo. El artículo 202 representa “datos de leva”. Los mismos proporcionan información sobre una leva, en este ejemplo, 30 que se va a mecanizar en una ubicación particular en la pieza de trabajo.

35 Un programa 204 de sistema recibe el programa de pieza y los datos de leva. En respuesta, genera un perfil de velocidad de pieza de trabajo calculado usando las técnicas descritas en la presente descripción. Así, genera señales de orden y control a lo largo de la línea 206 que se introducen en interpoladores y colas 208 de segmentos de movimiento. Los interpoladores generan instrucciones de demanda para el movimiento sincronizado de los accionamientos de eje de la máquina herramienta. Estas instrucciones se suministran a las colas de segmentos de movimiento para su suministro a través de una línea 210 de salida a respectivos modificadores 212, 214 de demanda (y uno o más adicionales, representados por un “n-ésimo” modificador 216 de demanda). Las instrucciones de demanda son modificadas por los modificadores 212, 214 en respuesta a señales a lo largo de las líneas 218 y 220 40 que son indicativas de las posiciones reales de los respectivos ejes de máquina. En respuesta, los modificadores generan órdenes de eje a lo largo de las líneas 222 y 224, respectivamente. Las órdenes de eje se suministran a lo largo de las líneas 222 y 224 a respectivos accionamientos 226 y 228 de eje. Las salidas 230 y 232 de accionamiento de eje están conectadas directamente a accionadores de eje respectivos (no mostrados) que accionan los ejes de máquina asociados bajo las órdenes de los modificadores de demanda asociados.

45 Según la presente descripción, una máquina herramienta está configurada para calcular un perfil de velocidad de pieza de trabajo usando un algoritmo evolutivo. Los algoritmos evolutivos son bien conocidos en el campo de la inteligencia artificial. Los algoritmos genéticos pertenecen a la clase más amplia de algoritmos evolutivos. Las etapas en la aplicación de un algoritmo evolutivo a un proceso de mecanizado según un ejemplo de la presente descripción se 50 muestran en un diagrama de flujo en la figura 4.

55 En una primera etapa 30, se genera una población inicial de perfiles de velocidad de pieza de trabajo candidatos con referencia al perfil que se va a mecanizar en la pieza de trabajo. Cada solución candidata se crea de forma aleatoria o se “inicializa”. Cada candidato se comprueba para ver si está dentro de los límites de un espacio de búsqueda predeterminado. Los límites del espacio de búsqueda pueden estar dictados por las limitaciones operativas de una máquina herramienta determinada. Por ejemplo, son posibles valores máximos asociados a una o más de la velocidad de rotación, aceleración y tirón de la pieza de trabajo, y la velocidad, aceleración y tirón del movimiento relativo del portaherramientas y el soporte de pieza de trabajo mediante el mecanismo de accionamiento de la máquina herramienta.

60 A continuación, cada solución candidata se clasifica con respecto al resto en la etapa 32. Esto puede determinarse evaluando cada solución candidata usando uno o más criterios predeterminados para facilitar la “aptitud” relativa de la solución candidata. Uno de estos criterios puede ser el tiempo que tarda una pieza de trabajo en completar una revolución cuando gira según el perfil de velocidad candidato.

La solución mejor clasificada se ensaya así en la etapa 34 para comprobar si no ha cambiado con respecto a la solución mejor clasificada generada durante la iteración anterior del algoritmo. Si es así, se termina el algoritmo. Si no, entonces se crea una población adicional de soluciones candidatas en las etapas 36 y 38.

5 Alternativamente, la solución mejor clasificada puede ensayarse para comprobar si cumple uno o más requisitos predeterminados para el perfil de velocidad de pieza de trabajo. Si no es así, la etapa 34 también puede comprobar si se ha superado un límite de tiempo para la ejecución del algoritmo evolutivo. Si es así, se termina el algoritmo. Si no, entonces se crea una población adicional de soluciones candidatas en las etapas 36 y 38.

10 En la etapa 36, se retienen las mejores (o las más aptas) de las soluciones previamente clasificadas. A continuación, se genera una nueva población usando técnicas evolutivas en la etapa 38 y, a continuación, el proceso pasa nuevamente a la etapa 32 de clasificación.

15 A modo de ilustración, se muestran tres ejemplos de perfil de leva en las figuras 5, 8 y 11 y (a) un perfil de velocidad generado usando una metodología conocida y (b) un perfil de velocidad generado según un ejemplo de la presente descripción se muestran posteriormente a modo de comparación.

20 Cada perfil de leva está dibujado en las figuras 5, 8 y 11 como un gráfico polar para mostrar el perfil de sección transversal no circular de la leva en un plano perpendicular a su eje de rotación en la máquina herramienta. Según la presente descripción, una máquina herramienta calcula posiciones de avance con respecto a la posición de rotación de la pieza de trabajo para rectificar el perfil de leva con una muela de rectificado. Para ello, se proporcionan a la máquina herramienta datos que definen el perfil de leva, el diámetro de la muela de rectificado y los parámetros de la geometría de la máquina para que pueda determinar la separación entre el cabezal de muela y la pieza de trabajo.

25 La figura 6 muestra un perfil de velocidad para el rectificado de la forma 40 de leva mostrada en la figura 5 usando un enfoque existente de reducir la velocidad de rotación de la pieza de trabajo durante el rectificado de las regiones 42 de flanco entre los cuatro lóbulos 44 de leva. El gráfico 50 es un perfil de velocidad generado mediante la representación gráfica de la velocidad de la pieza de trabajo con respecto al ángulo de rotación de la pieza de trabajo alrededor de su eje 18 longitudinal central, correspondiendo el cero a la posición de las 3 en punto en el gráfico polar de la figura 5. También se muestra como referencia un gráfico 52 (línea discontinua) de la elevación de la superficie de leva con respecto al ángulo de la pieza de trabajo para el punto en la superficie de leva orientado hacia la muela de rectificado, en el plano que incluye el eje 18 de la pieza de trabajo.

35 En la figura 7 se muestra un perfil 60 de velocidad de pieza de trabajo para mecanizar el perfil de leva mostrado en la figura 5 que se ha generado según un ejemplo de la presente descripción.

40 En ambos perfiles 50 y 60 de velocidad, la velocidad máxima de la pieza de trabajo es cercana a las 100 RPM. Sin embargo, el tiempo total para una revolución de la pieza de trabajo se reduce de aproximadamente 1,7 segundos a aproximadamente 0,9 segundos sin superar las limitaciones de eje de máquina.

45 En las figuras 8 a 13 se muestran otros dos ejemplos de reducción de tiempo de ciclo usando ejemplos de la presente descripción.

50 El ejemplo de perfil de leva de la figura 8 es una leva 70 de lados rectos. El perfil es circular, aparte de un flanco lineal 72. En la figura 9 se muestra un perfil 80 de velocidad generado usando un enfoque existente junto con un gráfico 82 de elevación de la leva. En la figura 10 se muestra un perfil 90 de velocidad generado usando un ejemplo de la presente descripción.

55 En el perfil 80 de la figura 9, la velocidad de rotación máxima de la pieza de trabajo es de 120 RPM, y la misma se incrementa a 228 RPM en el gráfico 90 de la figura 10. El tiempo por revolución de la pieza de trabajo en el gráfico 80 de la figura 9 es de aproximadamente 1,4 segundos, reduciéndose a aproximadamente 0,7 segundos en el perfil de la figura 10.

60 En la figura 11 se muestra un ejemplo 100 de leva de un solo lóbulo. En la figura 12 se muestra un perfil 110 de velocidad de pieza de trabajo que se ha generado usando un enfoque existente. La figura 12 también incluye el perfil 112 de elevación de leva asociado. En la figura 13 se muestra un perfil 120 de velocidad generado según un ejemplo de la presente descripción.

65 La velocidad máxima de la pieza de trabajo alcanzada según el perfil de la figura 12 es de 100 RPM. La misma aumenta a 296 RPM en el perfil de la figura 13. El tiempo por revolución de la pieza de trabajo según el enfoque de la figura 12 es de aproximadamente 0,8 segundos. Según el perfil de la figura 13, el mismo se ha reducido a alrededor de 0,43 segundos.

70 Aunque las realizaciones según la presente descripción descritas con referencia a los dibujos comprenden procesos realizados por una disposición de control, la presente descripción también se extiende a programas informáticos que comprenden instrucciones para hacer que una disposición de control o un ordenador realicen los procesos. Más

particularmente, los programas informáticos en o dentro de un medio de grabación transitorio o no transitorio, adaptados para poner en práctica la descripción, están comprendidos en la presente descripción. El programa puede tener forma de código fuente, código objeto, un código intermedio entre código fuente y código objeto, tal como en forma parcialmente compilada, o cualquier otra forma adecuada para su uso en la implementación de los procesos según la presente descripción. El medio de grabación puede ser cualquier entidad o dispositivo capaz de contener el programa.

Por ejemplo, el medio de grabación puede comprender un medio de almacenamiento, tal como una ROM, por ejemplo, un CD ROM o una ROM de semiconductores, o un medio de grabación magnético, por ejemplo, un disquete o un disco duro. Alternativamente, el portador puede ser un circuito integrado en el que está integrado el programa, estando adaptado el circuito integrado para realizar, o para su uso en la ejecución de, los procesos relevantes.

Por lo tanto, la presente descripción da a conocer un programa informático que comprende instrucciones de programa para hacer que una disposición de control lleve a cabo los métodos descritos en la presente descripción. Además, la misma incluye la provisión de un programa informático de este tipo en un medio de grabación, realizado como un medio de grabación, almacenado en una memoria electrónica informática o integrado en una memoria electrónica de solo lectura.

Aspectos de la presente descripción pueden realizarse como un método informático, un sistema informático o un producto de programa informático. En consecuencia, aspectos de la presente descripción pueden adoptar la forma de una realización completamente de hardware, una realización completamente de software (que incluye firmware, software residente, microcódigo y similares) o una realización que combina aspectos de software y hardware. Además, aspectos de la presente descripción pueden adoptar la forma de un producto de programa informático realizado como un medio (o medios) legibles por ordenador con código/instrucciones de programa legibles por ordenador realizados en el mismo.

Cualquier diagrama de flujo en los dibujos pretende ilustrar la arquitectura, la funcionalidad y/o el funcionamiento de posibles implementaciones de sistemas, métodos y productos de programa informático según aspectos de la presente descripción. En este sentido, cada bloque puede representar un módulo, segmento o parte de código, que comprende una o más instrucciones ejecutables para implementar la función o funciones lógicas especificadas. En algunas implementaciones, las funciones indicadas en el bloque pueden ocurrir sin seguir el orden indicado en los dibujos. Por ejemplo, dos bloques que se muestran en sucesión pueden, de hecho, ejecutarse de manera sustancialmente simultánea, o los bloques pueden ejecutarse en ocasiones en orden inverso, dependiendo de la funcionalidad implicada. Cada bloque y/o combinación de bloques puede implementarse mediante sistemas basados en hardware de propósito especial (o combinaciones de hardware de propósito especial e instrucciones informáticas) que realizan las funciones o actos especificados.

Se entenderá que las referencias en la presente descripción a orientaciones relativas perpendiculares o paralelas y similares deben interpretarse en el sentido de que definen relaciones sustancialmente perpendiculares o paralelas entre componentes dentro de tolerancias prácticas.

El término “eje de máquina” indica en la presente descripción un eje de máquina físico, en contraposición a un eje de referencia. Cada eje de máquina tiene dos partes que se accionan en uso para moverse entre sí, alrededor o a lo largo de un eje de referencia, mediante disposiciones de accionamiento asociadas controladas por la disposición de control de la máquina herramienta.

REIVINDICACIONES

1. Una máquina herramienta (2) para mecanizar una pieza (20) de trabajo, comprendiendo la máquina herramienta un portaherramientas (6) para soportar una herramienta (8), un soporte (14) de pieza de trabajo para soportar y girar la pieza (20) de trabajo alrededor de un eje (18) de rotación, un mecanismo de accionamiento para mover al menos uno del portaherramientas y el soporte de pieza de trabajo entre sí, y una disposición (24) de control para controlar el soporte de pieza de trabajo y el mecanismo de accionamiento, en donde la máquina herramienta está configurada para:

10. recibir datos de entrada en la disposición de control, definiendo los datos de entrada un perfil (40, 70, 100) a mecanizar en la pieza de trabajo, estando definido el perfil en un plano perpendicular al eje de rotación y siendo no circular en ese plano;

15. calcular con la disposición de control un perfil (60, 90, 120) de velocidad de pieza de trabajo correspondiente a las velocidades a las que el soporte de pieza de trabajo hará girar la pieza de trabajo durante una rotación de la pieza de trabajo durante el mecanizado de la pieza de trabajo mediante la herramienta montada en el portaherramientas; y

20. girar la pieza de trabajo con el soporte de pieza de trabajo según el perfil de velocidad de pieza de trabajo durante el mecanizado de la pieza de trabajo con la herramienta montada en el portaherramientas,

caracterizada por que

el perfil (60, 90, 120) de velocidad de pieza de trabajo se genera mediante un algoritmo evolutivo.

2. Una máquina herramienta de la reivindicación 1, en donde el algoritmo evolutivo es un algoritmo genético.

3. Una máquina herramienta de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde el algoritmo evolutivo genera una población de perfiles de velocidad de pieza de trabajo candidatos y la aptitud de cada perfil de velocidad de pieza de trabajo candidato se determina (32) mediante la disposición (24) de control con referencia a la duración de una rotación de la pieza (20) de trabajo según el perfil de velocidad de pieza de trabajo candidato.

4. Una máquina herramienta de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el algoritmo evolutivo genera una población de perfiles de velocidad de pieza de trabajo candidatos y la disposición (24) de control rechaza un perfil de velocidad de pieza de trabajo candidato si supera un valor máximo de umbral para al menos uno de los siguientes parámetros operativos de máquina: velocidad de rotación, aceleración y tirón de la pieza de trabajo; y velocidad, aceleración y tirón del movimiento relativo del portaherramientas (6) y del soporte (14) de pieza de trabajo mediante el mecanismo de accionamiento.

5. Una máquina herramienta de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde se genera de manera aleatoria una población inicial de perfiles de velocidad de pieza de trabajo candidatos.

6. Una máquina herramienta de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde el algoritmo evolutivo se inicializa con un valor de velocidad de rotación de pieza de trabajo predeterminado o un perfil de velocidad de rotación de pieza de trabajo predeterminado.

7. Una máquina herramienta de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el algoritmo evolutivo genera una población de perfiles de velocidad de pieza de trabajo candidatos, comprendiendo cada perfil una secuencia de valores de velocidad que representan velocidades de rotación, y la disposición (24) de control limita la diferencia entre cada valor de velocidad y los valores de velocidad adyacentes en la secuencia para estar dentro de un intervalo predeterminado.

8. Una máquina herramienta de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el algoritmo evolutivo genera un perfil de velocidad correspondiente a las velocidades de movimiento relativo del portaherramientas (6) y del soporte (14) de pieza de trabajo mediante el mecanismo de accionamiento en asociación con cada uno de una población de perfiles de velocidad de pieza de trabajo candidatos.

9. Una máquina herramienta de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde, después de calcular un perfil de velocidad de pieza de trabajo, la disposición (24) de control está configurada para calcular una profundidad de corte máxima que proporciona tasas de eliminación de material específicas que son inferiores o iguales a una tasa de eliminación de material específica máxima predeterminada con respecto al perfil de velocidad de pieza de trabajo calculado.

10. Una máquina herramienta de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde, después de calcular un perfil de velocidad de pieza de trabajo, la disposición (24) de control está configurada para calcular una profundidad de corte máxima que se determina por la disposición de control para generar temperaturas de pieza de trabajo inferiores o iguales a una temperatura de pieza de trabajo máxima predeterminada con respecto al perfil de velocidad de pieza de trabajo calculado.

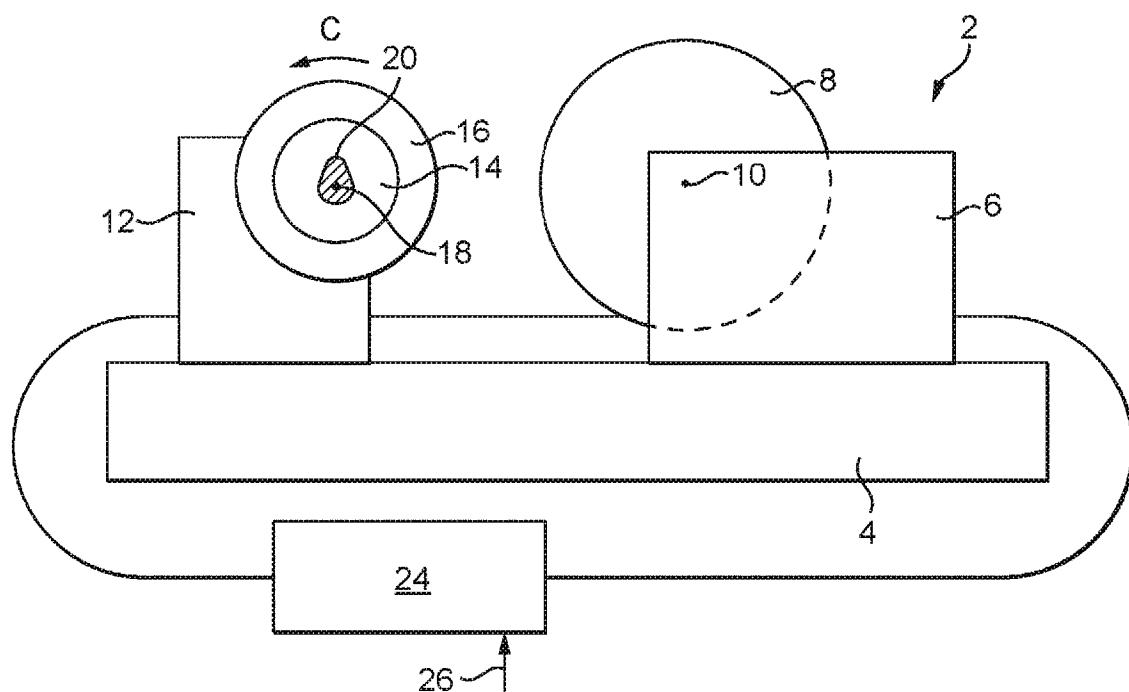


Figura 1

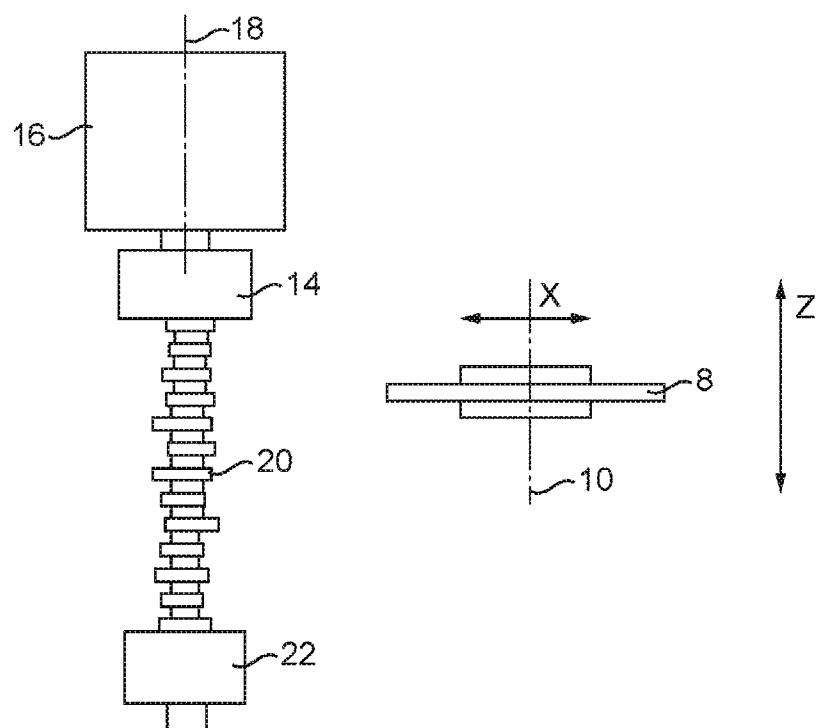


Figura 2

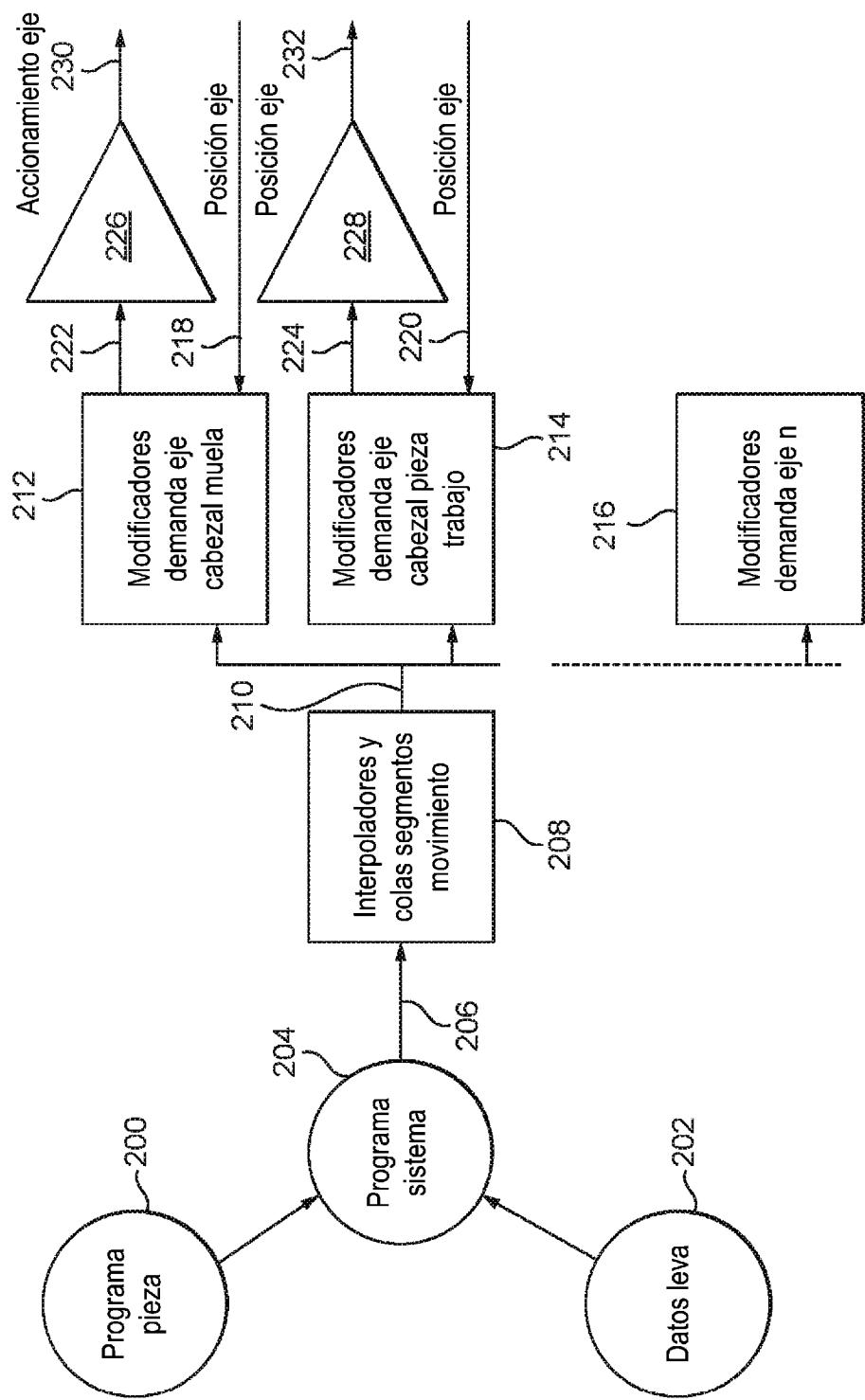


Figura 3

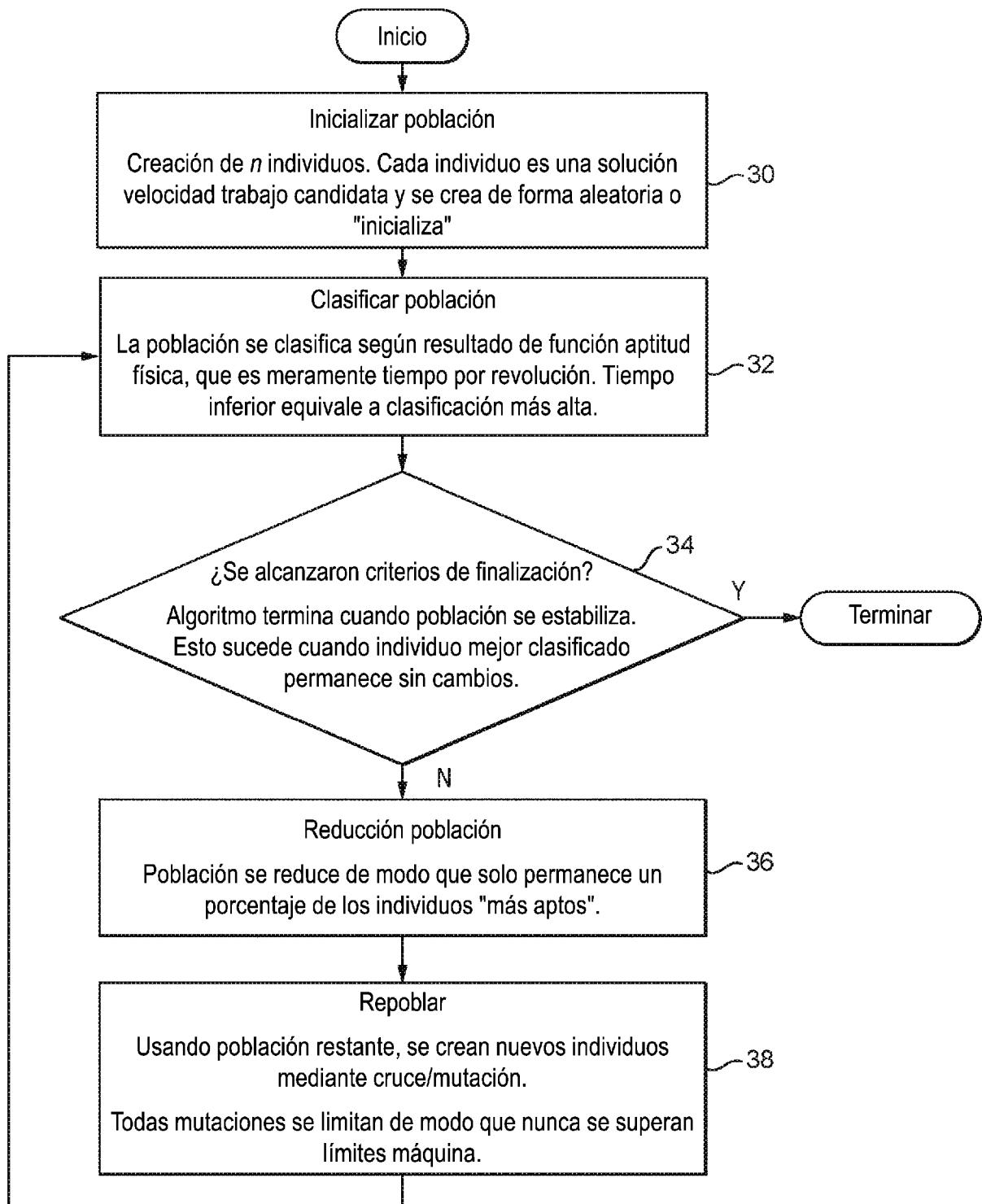


Figura 4

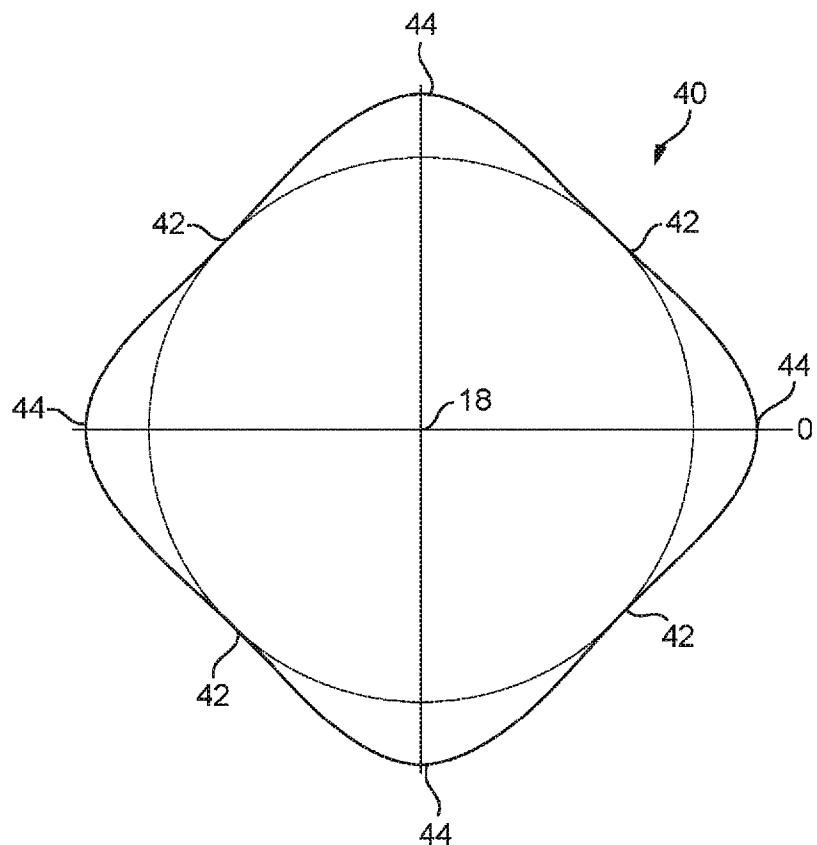


Figura 5

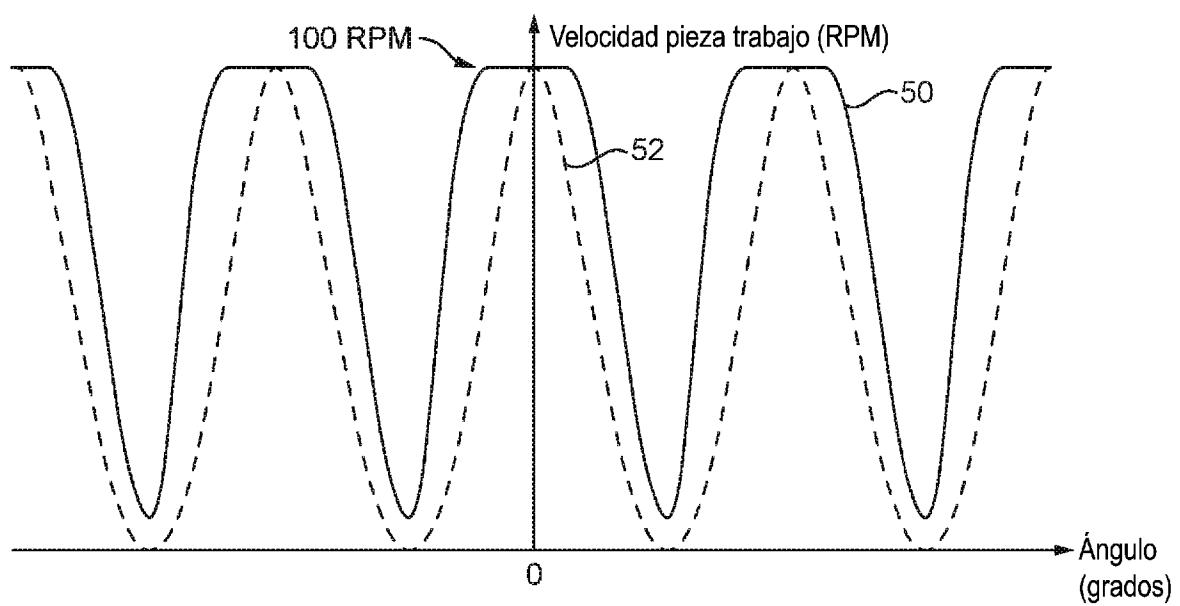


Figura 6

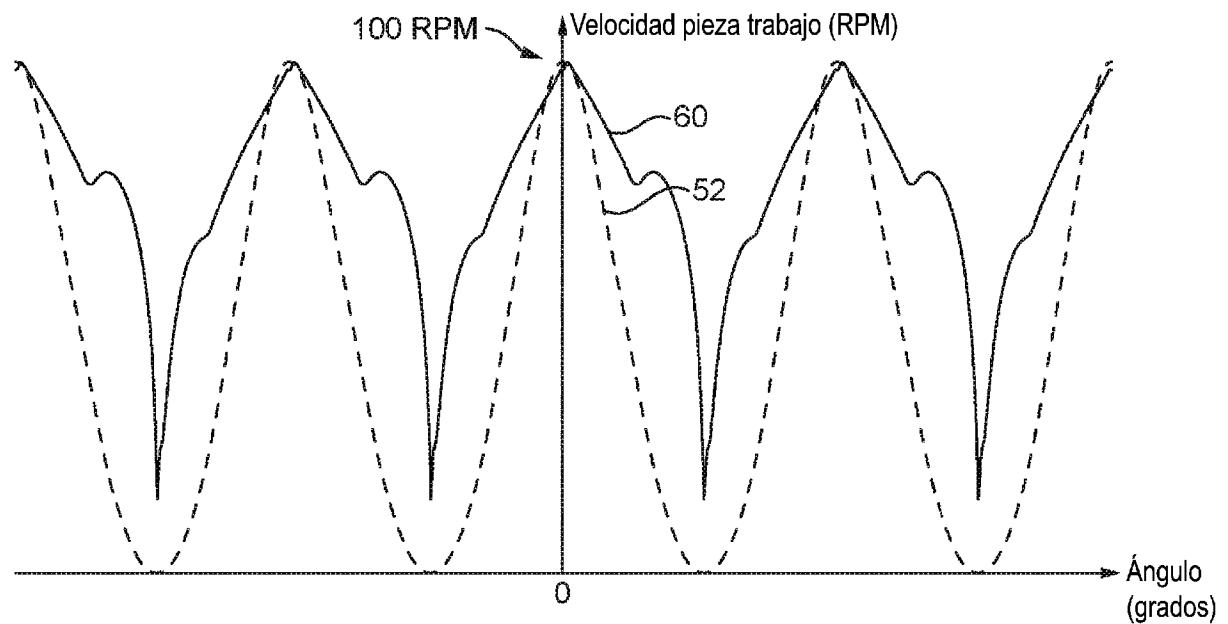


Figura 7

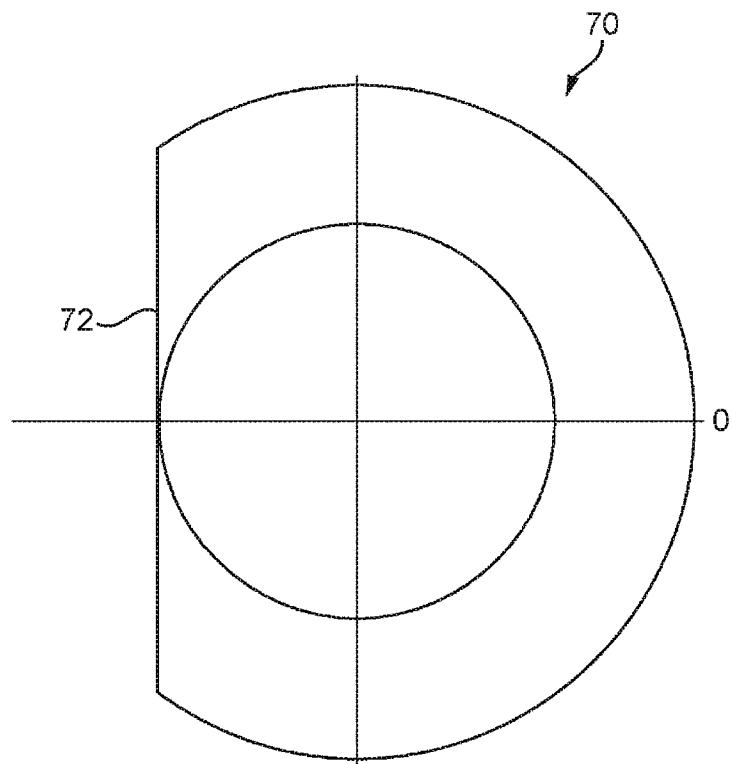


Figura 8

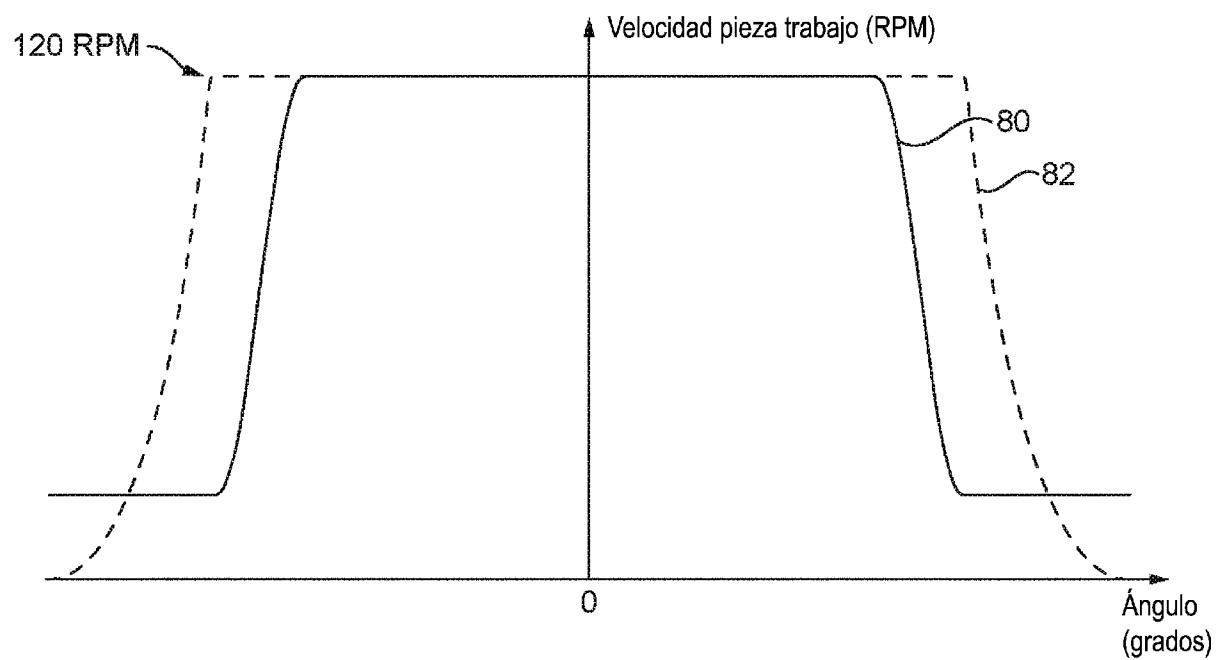


Figura 9

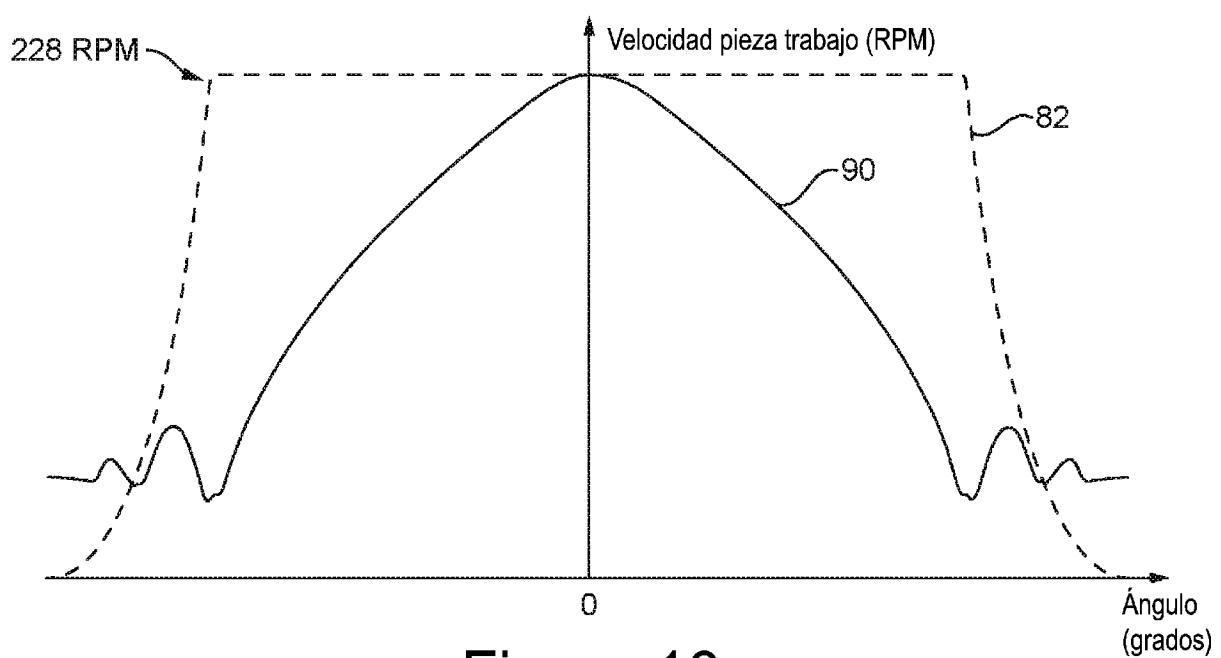


Figura 10

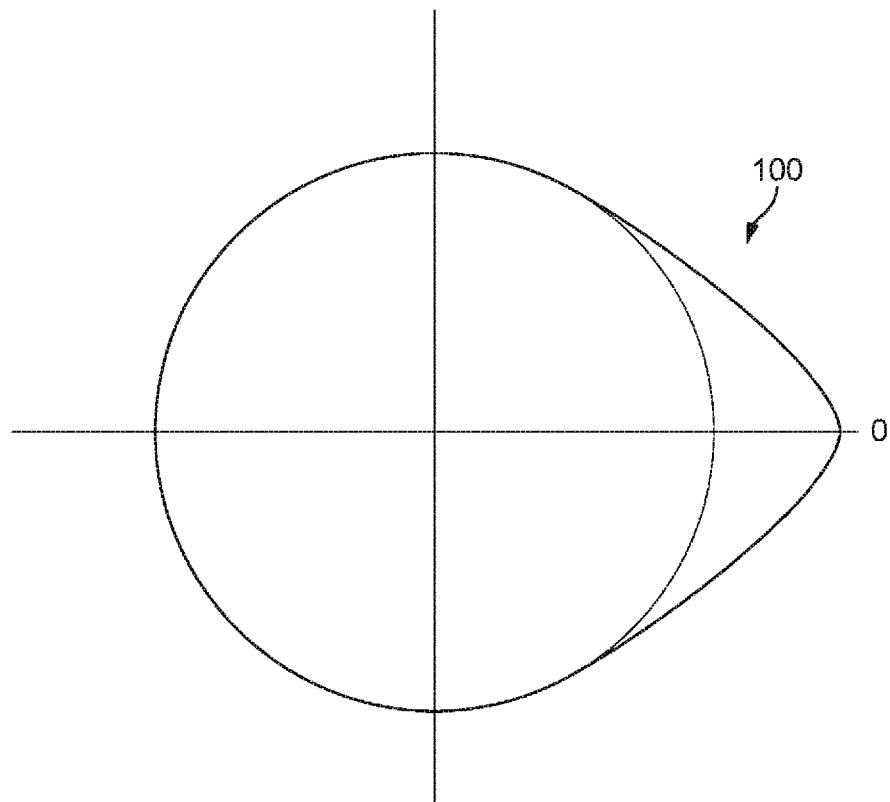


Figura 11

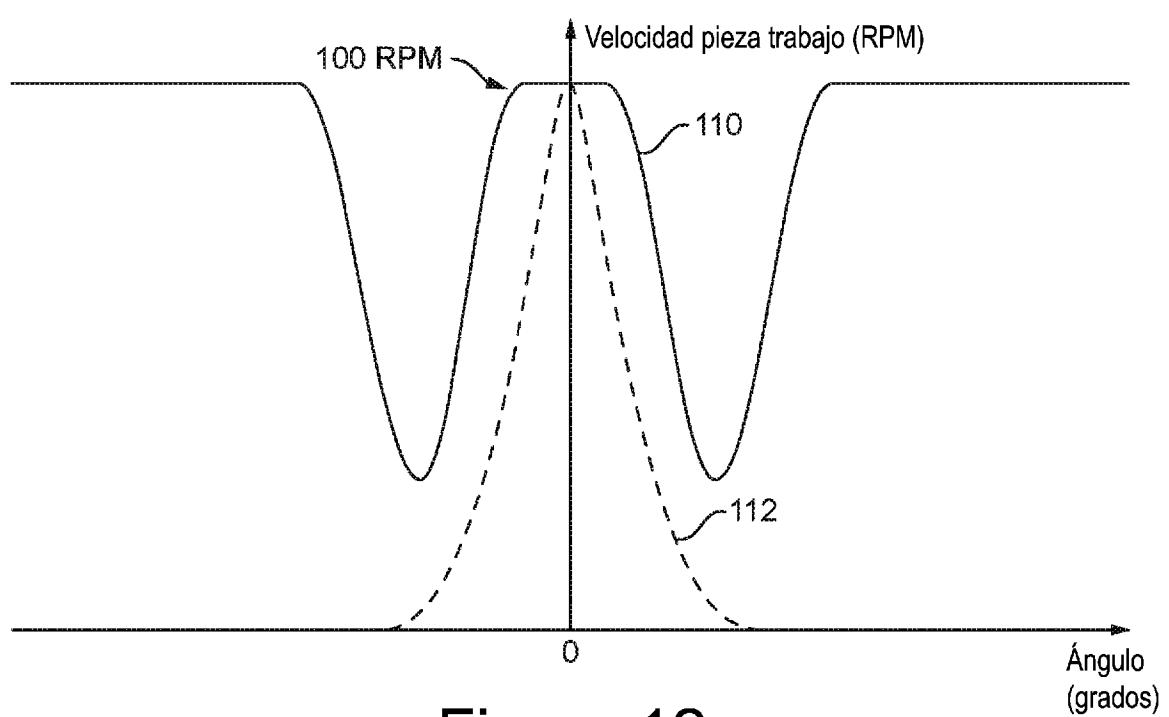


Figura 12

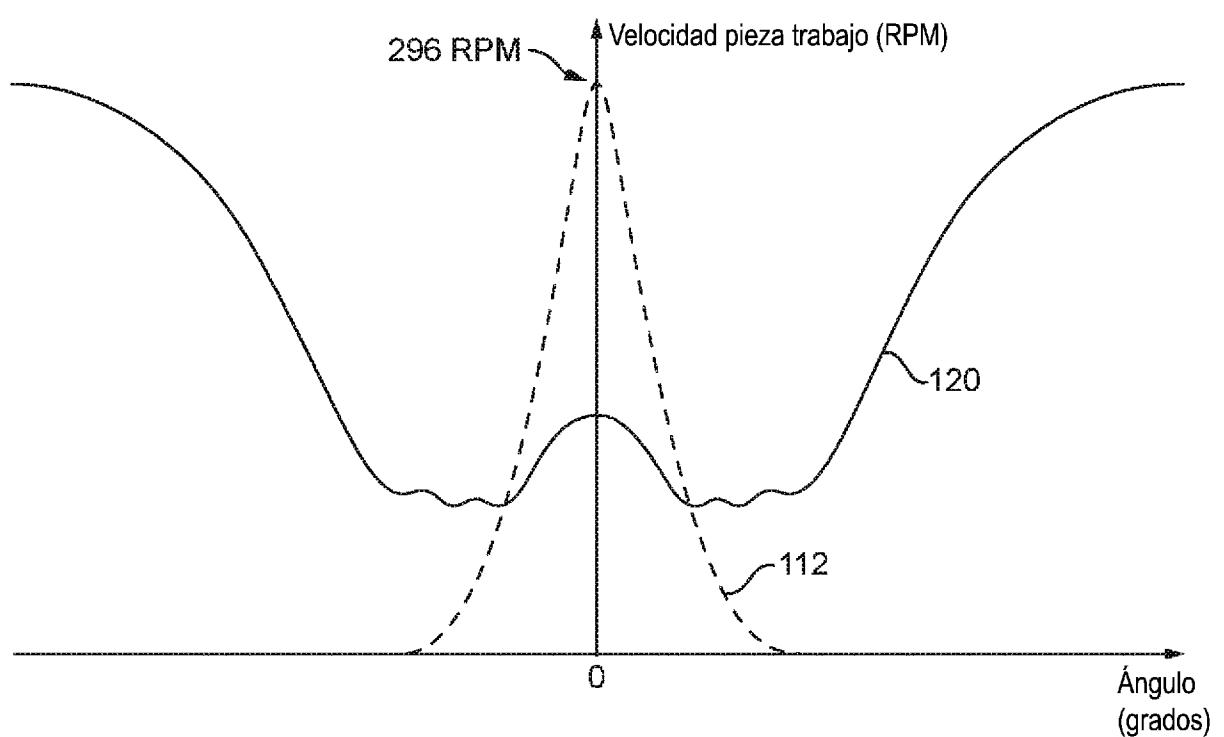


Figura 13