

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 383 616**

51 Int. Cl.:
B24B 49/00

(2012.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **07811672 .0**
96 Fecha de presentación: **05.09.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **2077929**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **15.07.2009**

54 Título: **Pre- y post-proceso de calibración de taladros utilizando un sistema de avance de rectificación equipado con detector de fuerza de avance**

30 Prioridad:
05.09.2006 US 842321 P

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
22.06.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
22.06.2012

73 Titular/es:
**SUNNEN PRODUCTS COMPANY
7910 MANCHESTER AVENUE
ST. LOUIS, MO 63143, US**

72 Inventor/es:
**MOEHN, David M.;
CLOUTIER, Daniel, R. y
HOTH, Timothy, P.**

74 Agente/Representante:
de Elzaburu Márquez, Alberto

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).

ES 2 383 616 T3

DESCRIPCIÓN

Pre- y post-proceso de calibración de taladros utilizando un sistema de avance de rectificación equipado con detector de fuerza de avance.

Campo técnico

5 Esta invención se refiere por lo general a la calibración de taladros que van a ser rectificados, y después de haber sido rectificados, y más particularmente, a la calibración de taladros utilizando la capacidad para detectar una fuerza de avance en un sistema de avance de una máquina de rectificar, para fines tales como alcanzar una exactitud mejorada y realizar la compensación del desgaste previsto de la herramienta para rectificar la compensación.

10 Antecedentes de la invención

Cloutier y col., Solicitud de Patente de US No. de Serie 11/596.836, titulada Honing Feed System Having Full Control of Feed Force, Rate and Position, actualmente pendiente, y la descripción de la Solicitud Provisional de US No. 60/842.321, presentada el 5 de septiembre de 2006.

15 Actualmente algunos nuevos modelos de máquinas de rectificar disponibles en la firma Sunnen Products Company están utilizando un dispositivo para detectar la fuerza de avance a fin de mejorar el control y los resultados del proceso de rectificación. Esta tecnología se describe en el documento de US 7 371 149 B2 que describe un sistema de avance de rectificación para controlar un proceso de rectificación vía el control tanto de la fuerza como de la posición de avance. La verificación del tamaño definitivo del taladro se obtiene mediante una calibración mecánica o una calibración neumática. Estos datos de medición son entonces alimentados de nuevo a la máquina de
20 rectificar para realizar los ajustes en el proceso de rectificación.

Esencialmente, según la presente invención, el tipo de sistema de avance descrito en la solicitud de patente pendiente mencionada anteriormente, y otros sistemas de avance con capacidad de detección de la fuerza, se pueden utilizar junto con la herramienta de rectificar propiamente dicha para producir la calibración fiable antes y después del procesamiento del taladro u orificio ya acabado, en este documento referido de forma intercambiable por el término taladro. Además los datos recogidos y procesados por el ordenador de control de la máquina durante esta etapa se pueden utilizar para realizar compensaciones exactas del desgaste abrasivo de la herramienta de
25 rectificar.

Por lo general los procedimientos actuales para medir los taladros pueden ser clasificados como procedimientos de procesos posteriores y procedimientos realizados durante el proceso de rectificación. Los procedimientos realizados durante el proceso consisten principalmente en un calibrador de tapón que pretende entrar en el taladro durante el proceso o una sonda de calibración neumática, separada o integrada dentro de la herramienta, para medir el taladro durante el proceso. La calibración después del proceso puede variar en sofisticación desde la colocación manual de un calibrador del taladro en el taladro hasta la automatización de las sondas de calibración neumáticas que entran en el taladro y toman múltiples lecturas. No existen procedimientos conocidos en los que la herramienta propiamente dicha, faltándole cualquier elemento dedicado a la medición, se utilice para medir el tamaño del taladro al acabado.
30

En el pasado, la mayoría de los sistemas de avance para rectificar no tenían la capacidad de medir exactamente tanto la fuerza de avance como la posición de avance. Puesto que los elementos del sistema de avance y la herramienta de rectificar no son perfectamente rígidos y exhiben algún grado de elasticidad, no es práctico intentar utilizar el sistema de avance para rectificar como un sistema de medición del taladro a menos que tanto la fuerza como la posición puedan ser medidas con exactitud.
40

Un ejemplo de la técnica anterior combina tanto la medición de la fuerza como la medición de la posición. La Patente Europea No. EP 0 575 675 B1 utiliza un dispositivo para medir la fuerza de avance, para determinar un punto final de referencia (posición final del codificador) antes que comience el proceso de rectificación. Este procedimiento utiliza un anillo de calibración (o pieza de trabajo de muestra) que ha sido realizado con un tamaño de taladro igual al tamaño de taladro definitivo que se desea. La herramienta de rectificar es desplegada en el taladro de este anillo de calibración hasta un cierto nivel de fuerza que se mide en el dispositivo de medición de la fuerza de avance. Para minimizar los errores que surgen de la elasticidad de la herramienta del sistema de avance, se utiliza la última fuerza de avance registrada del último ciclo de rectificación. Cuando se alcanza esta fuerza con la herramienta en el anillo de calibración, la posición del sistema de avance se registra como la posición de referencia para el próximo ciclo de rectificación.
45
50

Un defecto que se ha observado en la descripción considerada anteriormente de la EP 0 575 675 B1 consiste, sin embargo, en que las mediciones no se realizan después del procesamiento del taladro para verificar el logro del tamaño deseado del taladro. De ese modo, no se proporciona ninguna capacidad para que el sistema de control de la máquina recoja datos exactos del proceso a fin de mejorar la exactitud del proceso de rectificación.
55

Otro defecto observado en la descripción de la EP 0 575 675 B1 consiste en que no se observan o reconocen diferencias entre las mediciones realizadas bajo condiciones estáticas y dinámicas. En la EP 0 575 675 B1, en el

anillo de calibración, la fuerza y posición de avance se miden bajo las condiciones estáticas, eso es, sin ninguna rotación relativa y/o recorrido relativo del pistón de la herramienta y la pieza de trabajo, aunque, en el taladro de la pieza de trabajo, las mediciones se realizan bajo las condiciones dinámicas del proceso de rectificación, es decir, la herramienta de rectificar se encuentra al menos girando y puede existir un relativo recorrido del pistón en movimiento entre la herramienta y el taladro. La experiencia ha demostrado que las fuerzas y las posiciones registradas bajo condiciones dinámicas no darán por resultado exactamente la misma medición del taladro que cuando se aplica el mismo nivel de fuerza en condiciones estáticas.

No obstante además, en la EP 0 575 675 B1 la compensación del desgaste de la herramienta se realiza periódicamente, basada en las diferencias entre las mediciones de la posición de avance tomadas en el anillo de calibración antes y después de al menos haber rectificado una pieza de trabajo, y de ese modo, como otro defecto, la compensación no se aplica a la pieza de trabajo o piezas de trabajo afectadas en el acto, sino que, en cambio, se aplica a las piezas de trabajo posteriormente rectificadas.

El objeto de la invención es proporcionar un procedimiento capaz de realizar mediciones antes y después de los procesos de rectificación de taladros de piezas de trabajo rectificadas que verifican el tamaño deseado de taladro y permiten la capacidad para que un sistema de control de la máquina recoja datos exactos del proceso con el fin de incluir la mejora de la exactitud del proceso de rectificación y la compensación del desgaste de la herramienta. Este objeto se alcanza mediante un procedimiento que comprende los rasgos característicos de la reivindicación 1. Las formas preferidas para materializar el procedimiento de la invención se reivindican en las reivindicaciones 2 a 8.

Según la invención, se describen la capacidad de realizar mediciones de taladros en las piezas de trabajo, tanto en el proceso anterior como en el proceso posterior de rectificación, que permiten verificar el tamaño del taladro antes de la rectificación, y permiten determinar más exactamente los parámetros de rectificación para alcanzar un tamaño deseado de acabado del taladro, incluyendo la cantidad de materia prima o material que va a ser retirado, y el desgaste acompañante de la herramienta, y la capacidad del sistema de control de la máquina para recoger datos exactos del proceso, a fin de incluir la mejora de la exactitud del proceso de rectificación.

Según un aspecto preferido de la invención, la presente invención realiza todas las mediciones comparativas del taladro, es decir, aquellas tanto en el taladro de la pieza de trabajo como en el taladro del anillo de calibración o de la pieza de trabajo de muestra, en condiciones estáticas.

Según otro aspecto preferido de la invención, la presente invención realiza compensaciones del desgaste de la herramienta antes de que sea rectificado el taladro de la pieza de trabajo, en función de la cantidad de materia prima o material que se va a retirar de la pieza de trabajo en la operación de rectificación.

Descripción de los dibujos

La fig. 1 es una representación esquemática simplificada de aspectos de una máquina de rectificar representativos para realizar las etapas del procedimiento de la presente invención, incluyendo un sistema de avance, una herramienta de rectificar y un anillo de calibración y mostrando la herramienta de rectificar dispuesta en posición en un taladro de una pieza de trabajo representativa que va a ser rectificada;

la fig. 2 es una representación gráfica simplificada del desgaste de las piedras en contraste con la retirada de la materia prima según el procedimiento de la invención;

la fig. 3 es una representación esquemática simplificada de aspectos de una máquina de rectificar representativa de husillos múltiples para realizar las etapas del procedimiento de la presente invención, incluyendo los respectivos sistemas de avance para los husillos, una herramienta de rectificar para cada uno de los husillos dispuestos en los taladros de las piezas de trabajo que van a ser rectificadas, y un anillo de calibración en asociación con una de las herramientas de rectificar;

la fig. 4 es un diagrama de flujo de alto nivel que ilustra las etapas de una realización preferida de un procedimiento de la invención; y

la fig. 5 es una vista lateral, en sección parcial, de un husillo representativo de la máquina de rectificar con el que se puede materializar la invención.

Descripción de la invención propuesta

Haciendo referencia a la figura 1, una herramienta 1 de rectificar se encuentra fijada al husillo 2 de una máquina de rectificar (no mostrada), cuya máquina puede ser, por ejemplo, cualquiera de una diversidad de máquinas que proporcionan todos los movimientos requeridos normalmente para los procesos abrasivos de acabado de taladros (rotación de husillo y alternancia axial de husillo o pieza de trabajo). La herramienta de rectificar contiene una cuña 3 que se acciona axialmente por un sistema 5 de avance. (El detalle de una posible realización del sistema de avance se puede observar en la fig. 5, descrito más particularmente en Cloutier y col., Honing Feed System Having Full Control of Feed Force, Rate, and Position, incorporado a este documento como referencia realizada más arriba). El extremo de la cuña se apoya contra las piedras 6 abrasivas, introduciéndolas de ese modo en el interior del taladro de la pieza de trabajo 7.

La fuerza de avance desarrollada en la cuña y el sistema de avance se mide mediante una pila 9 piezoeléctrica que transmite una señal electrónica a un amplificador 10 (si es necesario). La potencia y las señales se desplazan entre el amplificador y el control 12 del ordenador de la máquina de rectificar y llegan a un dispositivo 11 de accionamiento motorizado controlado por ordenador. El control de estos dispositivos produce señales que con precisión controlan un motor de avance o algún otro componente de accionamiento del sistema 5 de avance.

Haciendo referencia también a la fig. 4, que contiene un diagrama de flujo 13 que muestra las etapas de una realización del procedimiento de la invención, cuando se rectifica un grupo de piezas de trabajo, la primera pieza de trabajo debe ser rectificada de alguna manera hasta el tamaño de acabado o cercana al tamaño de acabado. Esto se podría realizar utilizando un número cualquiera de técnicas de inicialización convencionales. (Uno de dichos procedimientos se describe a continuación en este documento, y en Cloutier y col., Honing Feed System Having Full Control of Feed Force, Rate, and Position, incorporado más arriba a este documento como referencia).

Cuando se completa la rectificación de la primera pieza de trabajo se detendrán el husillo y el movimiento de recorrido del pistón. Entonces el sistema de avance retirará las piedras 6 abrasivas. Luego el sistema de avance se moverá una vez más para desplegar las piedras en el mismo taladro de la pieza de trabajo 7, aunque esta vez, el despliegue será bajo condiciones estáticas, es decir, sin movimientos rotacionales relativos y/o alternativos de la herramienta de rectificar y la pieza de trabajo según se utilizarían en la rectificación real, en la que el material o la materia prima es retirada de la superficie del taladro. El despliegue proseguirá a cierta velocidad predeterminada hasta que la pila 9 piezoeléctrica detecte que se ha alcanzado un nivel predeterminado o de referencia de la fuerza. En ese punto, la posición del sistema de avance (según se determina por un codificador en el sistema de avance) se registrará como una posición de referencia del sistema de avance. La velocidad predeterminada de despliegue puede ser la que haya sido optimizada para la exactitud de la medición de la posición que se produce cuando se alcanza el nivel de referencia de la fuerza y no se limita a una única velocidad o a un único movimiento de avance hacia delante, ya que se puede prever varias técnicas para encontrar el taladro de tal manera que se pueda medir un valor fiable de la posición. (Véase el documento de Cloutier y col., Honing Feed System Having Full Control of Feed Force, Rate, and Position).

Después el sistema de avance retira de nuevo las piedras y la máquina mueve la herramienta hacia arriba fuera del taladro de la pieza de trabajo hasta que las piedras abrasivas se encuentran de manera uniforme dentro del anillo 8 de calibración. El anillo de calibración muy probablemente tendrá un taladro que es exactamente del tamaño deseado de acabado, aunque los procedimientos descritos en este documento funcionarán con cualquier tamaño de anillo mientras que la diferencia entre el tamaño del anillo y el tamaño deseado de acabado se incluya en los cálculos del sistema de control. Para simplificar los cálculos mostrados en este documento se asumirá que el anillo de calibración ha sido fabricado al tamaño exacto deseado de acabado.

Con las piedras dentro del anillo de calibración, el sistema de avance se despliega de nuevo a la misma velocidad predeterminada hasta que se alcanza la misma fuerza de avance con la referencia predeterminada. En ese punto, la posición del sistema de avance se registra de nuevo. La medición de esta posición se compara con la medición realizada en el taladro de la pieza de trabajo y el tamaño verdadero del taladro de la pieza de trabajo puede ser calculado entonces partiendo de la siguiente fórmula:

$$D_{wp} = D_{cr} + r (x_{wp} - x_{cr})$$

en donde D_{wp} = Diámetro del taladro (en mm) de la pieza de trabajo

D_{cr} = Diámetro del anillo (en mm) de calibración

x_{wp} = Posición del codificador en las mediciones de la pieza de trabajo (conteos)

x_{cr} = Posición del codificador en las mediciones del anillo de calibración (conteos)

r = Relación entre el sistema de avance combinado y la herramienta (en mm de despliegue diametral por conteo del codificador)

Esta información se puede utilizar entonces para realizar una compensación del tamaño del taladro para la rectificación de la siguiente pieza de trabajo. También esta información se puede guardar y/o producir para el Control Estadístico del Proceso.

Puesto que esta etapa de medición no es una parte necesaria del proceso de rectificación, no se necesita poner en práctica en cada pieza de trabajo. El operario de la máquina de rectificar puede seleccionar la frecuencia a la que se tomará la medición final del tamaño del taladro.

Medición, predicción y compensación del desgaste de las piedras

Es necesario que al menos se mida periódicamente el acabado del taladro de la pieza de trabajo debido a que las piedras abrasivas se desgastan continuamente durante el proceso de rectificación. Este desgaste de las piedras, referido también como el desgaste de la herramienta, produce errores en el tamaño del taladro. Muchos factores afectan la cantidad de desgaste de las piedras o la herramienta que ocurrirá en un ciclo de rectificación, aunque la

mayoría de esos factores se mantienen constantes durante todo el proceso y por lo tanto no contribuirán a corto plazo a los cambios en el desgaste de las piedras. Un factor importante que con frecuencia cambia ampliamente de una pieza de trabajo a la siguiente es la cantidad de materia prima o material de la pieza de trabajo que se tiene que retirar del taladro (retirada de materia prima). El desgaste de las piedras o la herramienta aumenta a medida que aumenta la retirada de materia prima. Dependiendo de las condiciones y dureza de los taladros de la nueva pieza de trabajo, esta relación podría ser una proporción sencilla o podría ser más compleja. En la figura 2 se muestra un ejemplo. En la mayoría de las aplicaciones será suficiente una aproximación lineal de la relación entre el desgaste de las piedras y la retirada de materia prima, pero está previsto que se puedan utilizar técnicas más complejas de ajuste curvado si una aplicación específica presenta dicha relación suficientemente no lineal entre el desgaste de las piedras y la retirada de materia prima.

La presente invención proporciona un procedimiento para medir exactamente tanto la retirada de materia prima como el desgaste de las piedras para cualquier ciclo de rectificación determinado o series de ciclos de rectificación. El proceso descrito anteriormente constituye un conjunto de mediciones requeridas. Se necesitará también otra medición. Será necesario medir el diámetro inicial del taladro de la pieza de trabajo. Esto ocurrirá al comienzo del ciclo después de que se haya realizado cualquier compensación del taladro del ciclo anterior mediante el sistema de control. El procedimiento de medición es idéntico al descrito anteriormente. Bajo condiciones estáticas el sistema de avance despliega las piedras en el interior del taladro de la pieza de trabajo a una velocidad predeterminada hasta que se mide una fuerza predeterminada mediante la pila piezoeléctrica. (Este proceso es equivalente a la característica descrita como Detección Automática del Taladro en Coutier y col., Honing Feed System Having Full Control of Feed Force, Rate, and Position).

Después que se ha completado el ciclo de rectificación y se ha tomado la medida del tamaño final del taladro según se describe anteriormente, el sistema de control habrá registrado tres mediciones:

x_i = posición inicial del sistema de avance (conteos)

x_f = posición final del sistema de avance (conteos)

x_t = posición de referencia del sistema de avance (conteos)

Aplicando la relación combinada del sistema de avance y la herramienta, estas se pueden expresar de forma equivalente como los diámetros:

$$D_i = r (x_i - x_0)$$

donde D_i = diámetro inicial (en mm)

$$D_f = r (x_f - x_0)$$

donde D_f = diámetro final (en mm)

$$D_t = r (x_t - x_0)$$

donde D_t = diámetro de referencia, es decir, anillo de calibración (en mm)

y donde x_0 = algún desfase (conteos) que corresponde a una posición del codificador en la que el diámetro sería igual a cero.

La retirada de materia prima, s (en mm) y el desgaste de las piedras, w (en mm) se calculan entonces de la forma siguiente:

$$w = D_t - D_f = r (x_t - x_f)$$

$$s = D_f - D_i = r (x_f - x_i) \text{ ó } s = D_t - D_i - w$$

Una posición $x_{i\text{próxima}}$ de avance de referencia para rectificar la próxima pieza de trabajo, y un ajuste del desgaste, $x_{t\text{ajuste}}$, de la piedra se pueden determinar utilizando las ecuaciones mostradas en la parte inferior del diagrama de flujo de la fig. 4.

Se comprende que el desgaste de las piedras en muchas aplicaciones puede ser lo suficientemente pequeño para que no sea necesario medir el tamaño final del taladro en cada pieza de trabajo que se ha rectificado. Se asume entonces que la frecuencia de la verificación final del taladro sea cada número n piezas de trabajo. (Nota: Puesto que el tamaño del taladro nuevo puede cambiar, el tamaño inicial del taladro de cada pieza de trabajo debe ser registrado y añadido al grupo de n piezas de trabajo. En un grupo de n piezas de trabajo tenemos entonces que,

$$\Sigma w = D_t - D_i$$

(medido solamente en la última pieza de trabajo)

$$\Sigma s = nD_t - \Sigma d_i - \Sigma w$$

Si la relación entre el desgaste de las piedras y la retirada de materia prima se asume que es lineal, entonces la forma de esa función puede ser escrita de la manera siguiente,

$$w = A + Bs$$

5 para una única pieza de trabajo, o

$$\Sigma w = nA + B\Sigma s$$

para un grupo de n piezas de trabajo

en donde A y B son constantes desconocidas.

10 Al menos dos grupos necesitarán ser medidos para determinar A y B mediante técnicas convencionales de regresión lineal. Después que han sido determinadas, entonces la relación entre el desgaste de las piedras y la retirada de materia prima se puede asumir como conocida y la relación antes mencionada se puede utilizar para calcular la cantidad esperada de desgaste de las piedras antes de que comience el ciclo de rectificación. La cantidad de desgaste de las piedras puede entonces resultar en una exacta compensación del tamaño del taladro con respecto al desgaste anticipado de las piedras aplicado al comienzo del ciclo de rectificación para hacer que el tamaño de acabado del taladro se encuentre muy cercano al tamaño de referencia del taladro dentro de un intervalo mínimo de error. Esa compensación específica del tamaño del taladro de la pieza de trabajo estará basada en la cantidad medida de materia prima a retirar para ese taladro específico y que se ha calculado para w a partir de la fórmula anteriormente mencionada.

20 Se comprende que las condiciones de rectificación pueden cambiar con el tiempo y la relación del desgaste de las piedras comparada con la retirada de materia prima puede cambiar también con el tiempo. Puede que sea deseable actualizar continuamente las constantes A y B basadas en los más recientes grupos de mediciones. Esto se logra muy fácilmente, pero las fórmulas citadas anteriormente se basan en la presunción de que no se realizan compensaciones del tamaño del taladro en toda la serie completa del grupo que está siendo medido. Si las compensaciones del tamaño del taladro se realizan durante la serie del grupo (manual o automáticamente según se ha descrito anteriormente) entonces esas compensaciones deberán ser añadidas. La fórmula para la Σw citada anteriormente debe entonces ser sustituida por :

$$\Sigma w = D_t - D_f + \Sigma c$$

en donde Σc = la suma de todas las compensaciones del tamaño del taladro realizadas durante la serie del grupo.

30 Todos los comentarios y cálculos mencionados anteriormente asumen que las mediciones del taladro se realizan a un nivel constante de la fuerza de avance. Esto retirará esencialmente cualquier efecto sobre la elasticidad de la herramienta y el sistema de avance. Sin embargo un procedimiento conocido para retirar los efectos de elasticidad se describe en Cloutier y col., Honing Feed System Having Full Control of Feed Force, Rate, and Position, y así se anticipa que el procedimiento descrito por esta invención podría de hecho ser alcanzado a diferentes niveles de la fuerza de avance con tal que los procedimientos de esta técnica anterior se apliquen durante el proceso de medición.

35 Operaciones de rectificación con múltiples husillos

Haciendo referencia también a la figura 3, algunas máquinas de rectificar utilizan múltiples husillos (es decir, herramientas) en sucesión para alcanzar el acabado final del taladro (por ejemplo, una herramienta de rectificar de acabado basto seguida de una herramienta de rectificar de acabado más fino). Por ejemplo, en este caso, se utilizan tres herramientas 1A, 1B y 1C de rectificar. Las herramientas 1A, 1B y 1C están montadas en husillos 2A, 2B y 2C separados de una máquina de rectificar que proporciona todos los movimientos normales requeridos para los procesos abrasivos de acabado de taladros (rotación de husillo y alternancia axial de husillo o pieza de trabajo). Las herramientas de rectificación contienen unas cuñas 3A, 3B y 3C, respectivamente, accionadas axialmente por un sistema 5A, 5B o 5C de avance. (Los detalles de otra posible realización del sistema de avance se pueden ver en el documento de Cloutier y col., Honing Feed System Having Full Control of Feed Force, Rate, and Position). En cada una de las herramientas, el extremo de la cuña se apoya contra unas piedras 6A, 6B o 6C abrasivas, haciéndolas avanzar de ese modo en el interior del taladro de la pieza de trabajo 7.

40 En cada una de las herramientas la fuerza de avance desarrollada en la cuña y en el sistema de avance se mide mediante una pila 9A, 9B o 9C piezoeléctrica que transmite una señal electrónica a un amplificador 10A, 10B o 10C (si es necesario). La potencia y las señales se desplazan entre los amplificadores y el control 12 del ordenador de la máquina de rectificar y llegan a un dispositivo 11A, 11B u 11C de accionamiento motorizado controlado por ordenador para cada herramienta. No es necesario disponer de un anillo 8 de calibración para cada husillo 2A, 2B y 2C. Es suficiente que solamente el último husillo 2C tenga un anillo 8 de calibración o algún otro procedimiento posterior al proceso para medir con exactitud el tamaño final del taladro.

En funcionamiento, la pieza de trabajo 7C recién acabada por la última herramienta 1C de rectificar se mide por el procedimiento descrito anteriormente (utilizando el anillo 8 de calibración) o por algún otro procedimiento posterior al proceso de calibración del taladro. Cualquier compensación del tamaño del taladro que se determina subsecuentemente por esa última herramienta se realiza entonces en esa última herramienta. El dispositivo de transferencia de la pieza de trabajo (no mostrado) produce entonces la indexación presentando la próxima pieza de trabajo a cada husillo. Ahora la pieza de trabajo bajo el último husillo es la que se completa por el husillo anterior. La herramienta penetra la pieza de trabajo y bajo condiciones estáticas la herramienta se despliega hasta que las piedras abrasivas entran en contacto con la pared del taladro. Cuando se realiza este contacto y se detiene el avance, se puede leer el codificador del sistema de avance. Siguiendo el procedimiento previamente descrito, esta lectura del codificador puede ser matemáticamente convertida a un tamaño del taladro para esa pieza de trabajo en particular. Si ese tamaño cambia comparándolo con el tamaño de referencia del taladro para esa herramienta anterior entonces la compensación apropiada del tamaño del taladro se puede realizar para esa herramienta anterior utilizando solamente la información obtenida en la herramienta subsiguiente (es decir, no se necesitará ningún anillo de calibración para la herramienta anterior).

Si están presentes más de dos husillos, la herramienta anterior a la herramienta que fue recientemente compensada puede ahora ser medida y compensada utilizando el mismo procedimiento. Esto se puede prolongar para cualquier número de husillos con la secuencia de las compensaciones fluyendo desde la última herramienta hasta la primera herramienta, siendo calibrada cada herramienta por medio de la medición del taladro realizada desde la herramienta que la sigue en la operación de rectificación, pero que la ha precedido en esta operación de calibración.

La fig. 5 ilustra aspectos adicionales de un posible sistema 5 de avance con el que se puede utilizar el procedimiento de la invención. Un motor 14 de avance del dispositivo 11 de accionamiento está conectado (o integrado con) a un codificador 15. Si es necesario proporcionar las características deseadas del momento de torsión, las revoluciones del eje de salida y el recorrido lineal por cada conteo del codificador, un reductor de engranaje 16 se puede unir al eje del motor 14 de avance. El reductor de engranajes del eje del motor está conectado a un conjunto 17 de tornillo a bolas mediante un acoplamiento 18. El conjunto 17 de tornillo a bolas resiste el movimiento axial por medio de un cojinete 19 de bolas sostenido en el alojamiento 20 del sistema de avance. (El alojamiento 20 del sistema de avance puede consistir en diversas piezas según sean necesarias para facilitar la fabricación y montaje). El tornillo a bolas se acopla a una tuerca 21 a bolas que está unida a un portador 22 de la tuerca a bolas. Se evita que el portador 22 de la tuerca a bolas gire por medio de una llave 23 que se acopla a una acanaladura 24 en el alojamiento 20 del sistema de avance. La rotación del motor 14 de avance y subsiguientemente el eje salida del reductor 16 de engranaje hace que el tornillo a bolas gire, lo que a su vez imparte un movimiento lineal a la tuerca 21 a bolas y a su portador 22. La llave 23, en esta realización, se integra con un retenedor 25 que tiene una cavidad para sostener un disco 26 redondo. El disco 26 redondo está unido a un extremo roscado de la pila 9 piezoeléctrica. La cavidad tiene una muy pequeña cantidad de holgura con el disco 26 redondo a fin de permitir que el disco 26 redondo se alinee con los componentes de abajo sin crear ningún tipo de esfuerzos no deseados sobre la pila 9 piezoeléctrica. La pila 9 piezoeléctrica se fija a una varilla 27 no giratoria de avance, que se evita que gire mediante una llave 28 que se acopla también a la acanaladura 24 mencionada anteriormente en el alojamiento 20 del sistema de avance. La varilla 27 no giratoria de avance está unida a un tubo que soporta una disposición de cojinetes 29 de contacto oblicuo. Los anillos de rodadura giratorios de los cojinetes 29 están unidos a una varilla 30 giratoria de avance. La varilla 30 giratoria de avance se encuentra estriada o enchavetada de alguna forma para que gire con el eje 2 del husillo de la máquina de rectificar y permita todavía el movimiento relativo axial entre el eje 2 del husillo y la varilla 30 de avance. El eje 2 del husillo sujeta la herramienta 1 de rectificar que contiene una cuña para desplegar los elementos 6 abrasivos de rectificación en el interior del taladro de la pieza de trabajo 7. La cuña está unida a la varilla 3 de avance y se permite que se mueva axialmente con la varilla 3 de avance al tiempo que la herramienta 1 es limitada en su movimiento axial mediante su conexión con el eje 2 del husillo. Este movimiento axial relativo de la cuña y la herramienta 1 crea el movimiento de despliegue / repliegue de los elementos 6 abrasivos de rectificación. El alojamiento 20 del sistema de avance y el eje 2 del husillo están conectados al carro de una máquina de rectificar que los ataca conjuntamente para generar la alternancia axial del proceso de rectificación.

La fuerza axial de la cuña para desplegar los elementos de rectificación se desarrolla a partir del momento de torsión del motor de avance y se convierte en una fuerza lineal mediante el tornillo y la tuerca de bolas y por consiguiente es transmitida a través de la pila piezoeléctrica a la varilla de avance y la cuña. Por lo tanto la pila piezoeléctrica siempre detecta toda la fuerza axial de avance en el proceso de rectificación. El cable 31 de la pila piezoeléctrica es conducido a través de un portador de cable hasta un amplificador 10 (si es necesario). La potencia enviada a la pila piezoeléctrica y las señales que vienen de ella corren a través de este cable y amplificador hasta un procesador que se basa en el control del avance y un servo controlador del accionamiento del avance, en conexión con el motor 14 y el codificador 15. El control de estos dispositivos produce señales que controlan exactamente el movimiento del motor de avance.

Existen dos procedimientos básicos de control del avance. El primero es el control de la velocidad de avance, en donde el sistema de control mantiene en movimiento el motor de avance a una velocidad constante o controlando la velocidad con arreglo a cierto perfil programado que es al menos parcialmente una función de la posición de avance. El segundo procedimiento básico del control de avance es el control de la fuerza, en donde el sistema de

control mantiene en movimiento el motor de avance de manera que la fuerza de avance se mantenga constante o siga cierto perfil programado que es al menos parcialmente una función de la posición de avance.

5 El control por ordenador también permite que estos dos procedimientos básicos sean mezclados dentro de un ciclo de rectificación, por ejemplo rectificando a una velocidad controlada hasta que se alcance cierta condición rectificando luego a una fuerza controlada hasta que el taladro alcanza el tamaño definitivo. Además el control por ordenador permite un alto grado de flexibilidad en la programación de control de avance. Se pueden utilizar parámetros tales como velocidad de avance, fuerza de avance, momento de torsión del husillo, tiempo, número de recorridos de alternancia, temperatura de la pieza de trabajo y otros en una lógica de control en tiempo real que adapta el parámetro de avance controlado o incluso cambia el procedimiento del control de avance de una manera programada simple o compleja.

10 Se entenderá que ciertos cambios en los detalles, materiales, etapas y disposiciones de las piezas que han sido descritos e ilustrados para explicar la invención se les ocurrirán a, y pueden ser realizados por, expertos en la técnica al leer esta descripción dentro del alcance de la invención. La descripción anterior ilustra la realización preferida de la invención; sin embargo, los conceptos, que se basan en la descripción, se pueden emplear en otras realizaciones sin apartarse del alcance de la invención, según se define en las reivindicaciones adjuntas.

15

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para determinar un tamaño de un taladro de una pieza de trabajo (7) rectificada utilizando una herramienta de rectificar ensamblada con un sistema (5) de avance de la máquina de rectificar capaz de medir fuerzas de avance ejercidas contra la herramienta y posiciones del sistema (5) de avance representativas de las posiciones de avance de la herramienta, estando el procedimiento caracterizado porque comprende las etapas de:
5 desplegar la herramienta (1) en el interior del taladro de la pieza de trabajo (7), bajo condiciones estáticas, hasta que se alcance una fuerza de avance predeterminada, y medir la posición del sistema (5) de avance;
posicionar la herramienta (1) en un taladro de tamaño conocido y desplegar la herramienta (1), bajo las condiciones estáticas, hasta que se alcance la fuerza de avance predeterminada, y medir la posición del sistema (5) de avance;
- 10 determinar un valor representativo del tamaño del taladro de la pieza de trabajo (7), en función de la posición medida del sistema (5) de avance para la herramienta (1) en el taladro de tamaño conocido, y de la posición medida del sistema (5) de avance para la herramienta (1) en el taladro de la pieza de trabajo (7).
2. Un procedimiento según la reivindicación 1, que comprende etapas anteriores a la rectificación del taladro de la pieza de trabajo (7) para:
15 determinar un valor representativo del desgaste previsto de las piedras de rectificación para rectificar el taladro de la pieza de trabajo (7);
determinar una posición de referencia del sistema (5) de avance para rectificar el taladro de la pieza de trabajo (7) hasta un tamaño de referencia, en función del tamaño de referencia y del valor representativo del desgaste previsto de las piedras; y
- 20 rectificar el taladro de la pieza de trabajo (7) hasta que se haya alcanzado la posición de referencia del sistema (5) de avance.
3. Un procedimiento según la reivindicación 2, en el que el valor representativo del desgaste previsto de las piedras se determina en función de una cantidad de materia prima que se va a retirar por la rectificación del taladro hasta una posición de referencia del sistema (5) de avance.
- 25 4. Un procedimiento según la reivindicación 3, en el que el valor representativo del desgaste previsto de las piedras se determina en parte al menos a partir de las mediciones del desgaste de las piedras para al menos una pieza de trabajo (7) rectificadas previamente.
5. Un procedimiento según la reivindicación 1, en el que las etapas para desplegar la herramienta (1) comprenden desplegar la herramienta (1) a una velocidad determinada.
- 30 6. Un procedimiento según la reivindicación 1, que comprende una etapa adicional para determinar un valor de compensación del sistema (5) de avance en función de la posición medida del sistema (5) de avance para la herramienta (1) en el taladro de tamaño conocido, y de la posición medida del sistema (5) de avance para la herramienta (1) en el taladro de la pieza de trabajo (7).
- 35 7. Un procedimiento según la reivindicación 6, que comprende una etapa adicional para determinar una posición de referencia del sistema (5) de avance en función del valor de compensación del sistema (5) de avance y de un valor representativo del desgaste previsto de las piedras en una etapa de rectificación posterior.
8. Un procedimiento según la reivindicación 6, que comprende una etapa adicional para utilizar el valor de compensación del sistema (5) de avance a fin de determinar una posición de referencia del sistema (5) de avance en la rectificación del taladro utilizando otra herramienta (1) de rectificar.

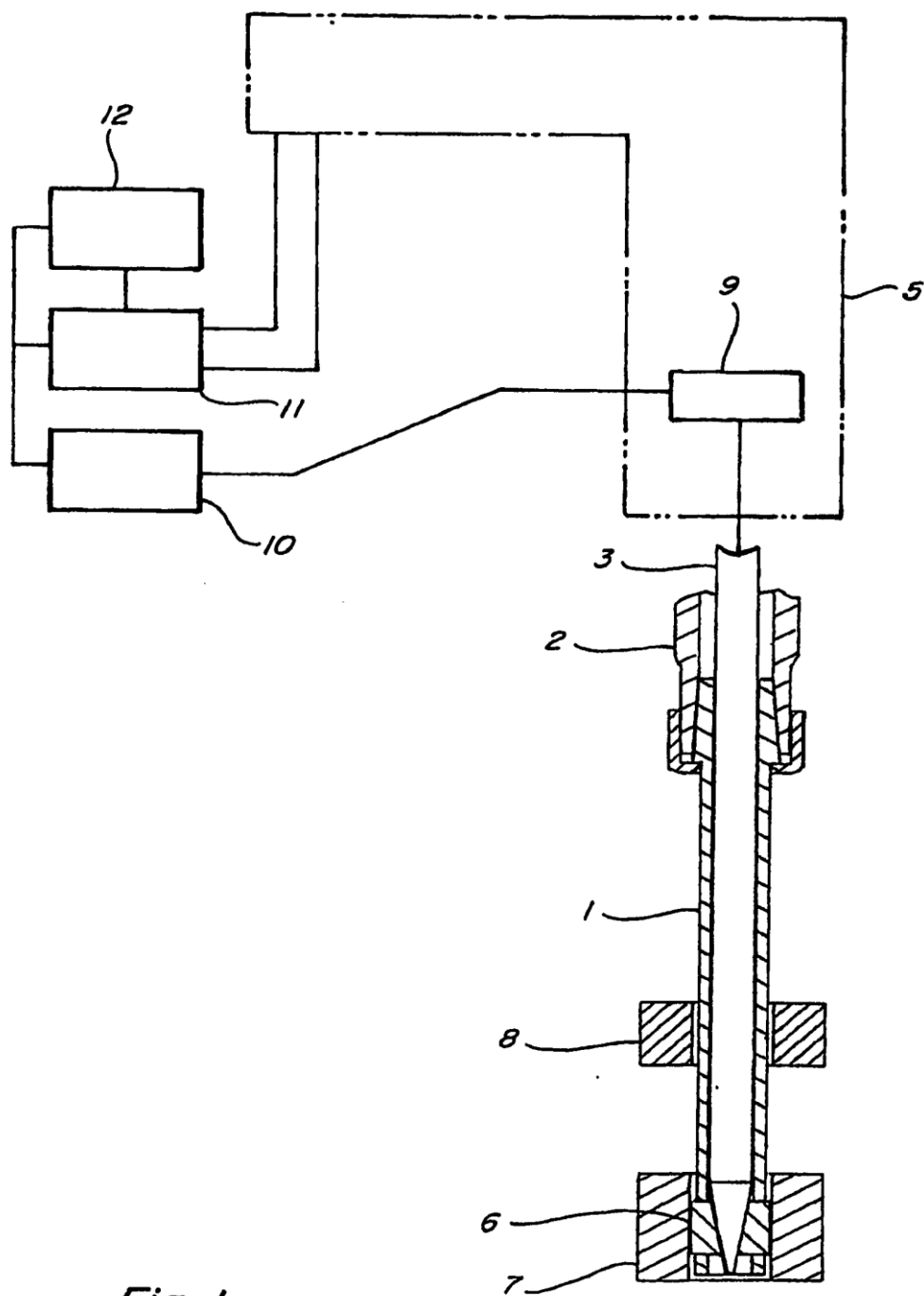


Fig. 1

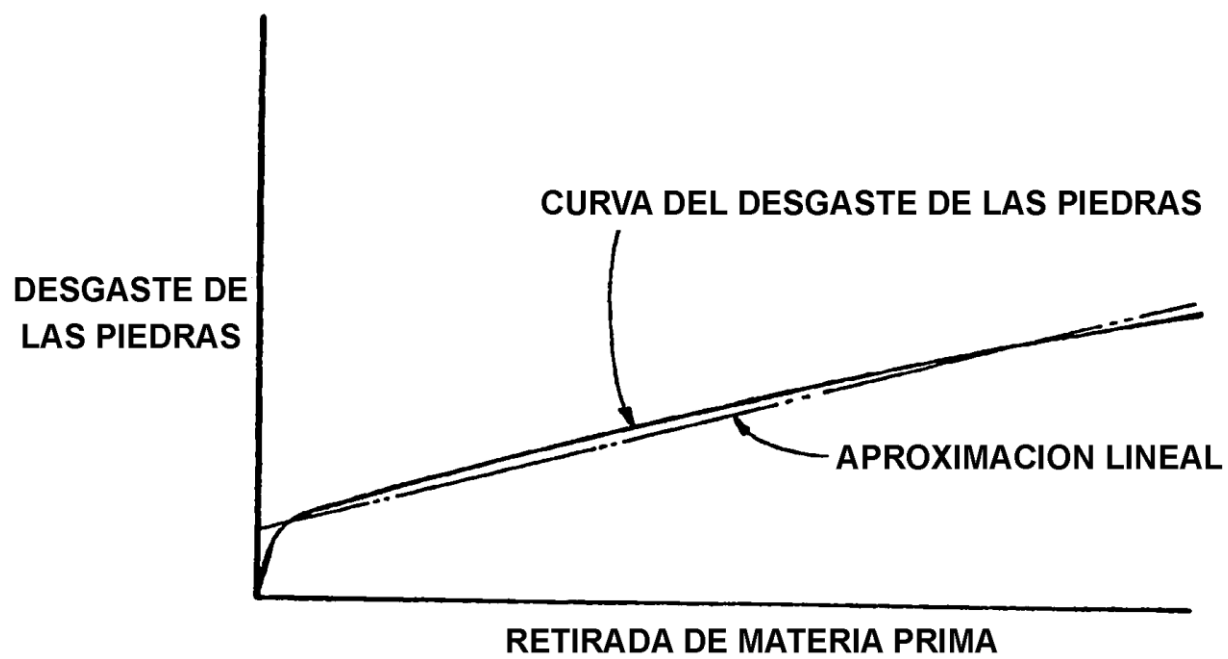


Fig. 2

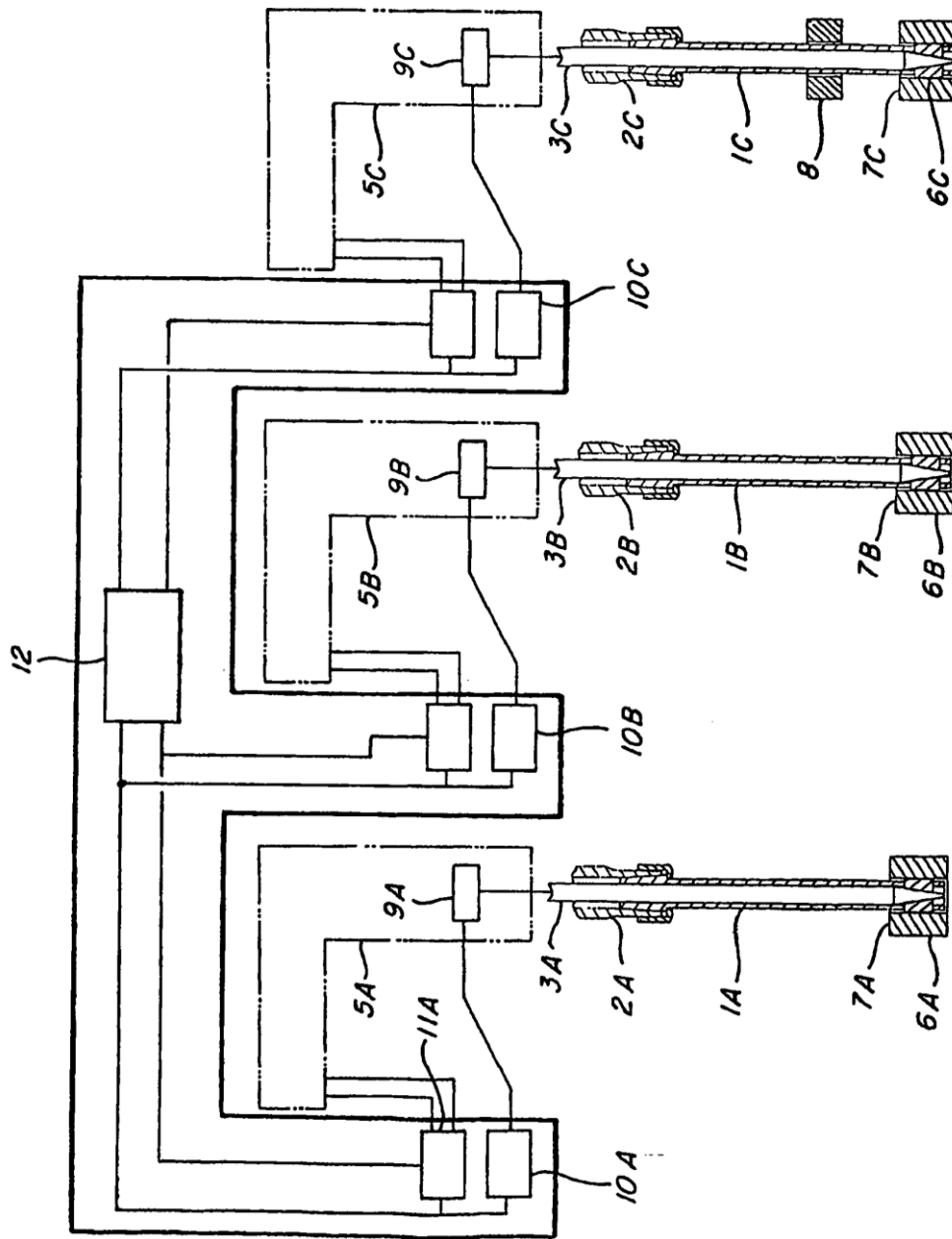


Fig. 3

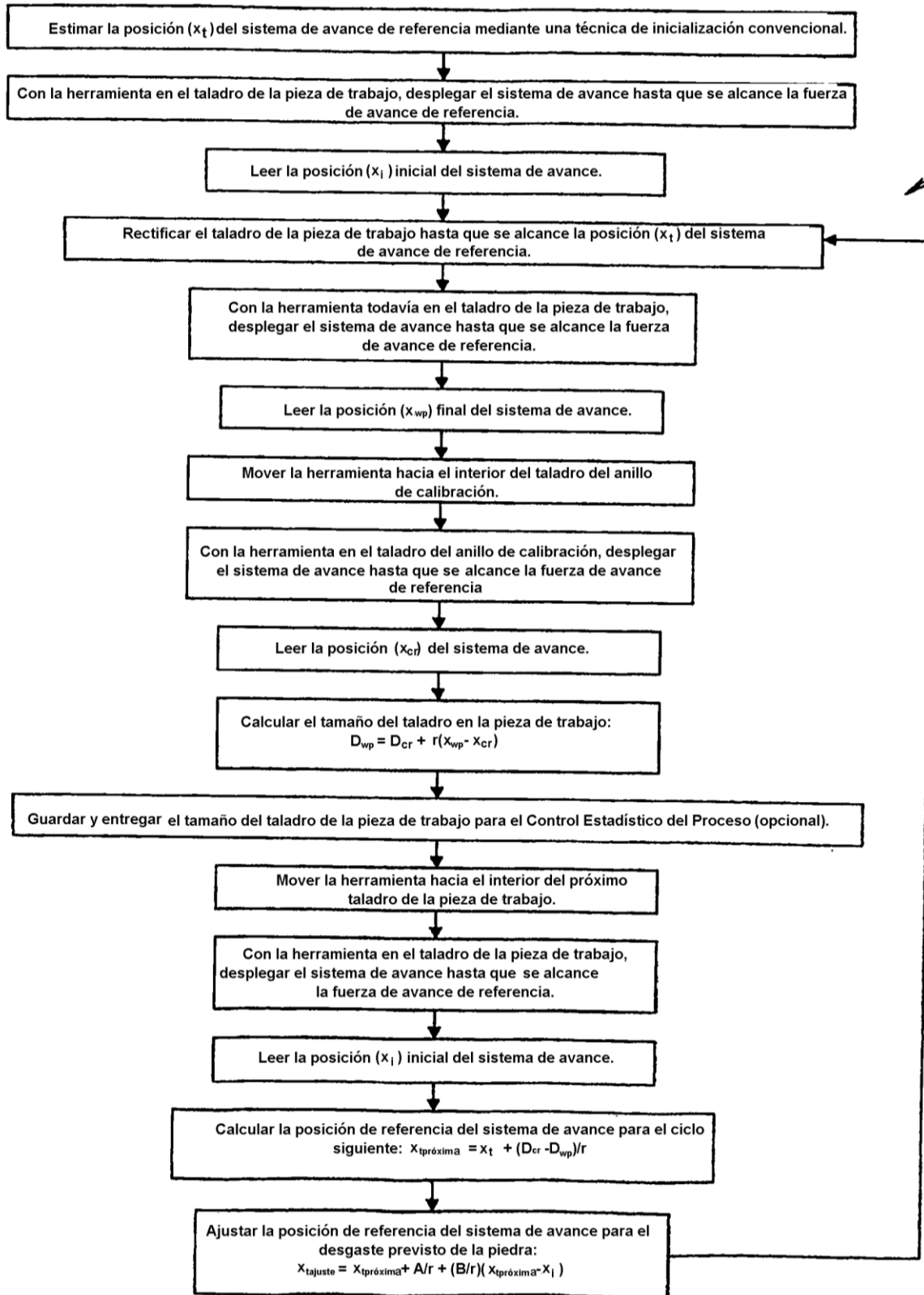


Fig. 4

