

OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① Número de publicación: **2 296 444**

② Número de solicitud: 200501007

⑤ Int. Cl.:
B23Q 15/00 (2006.01)
G05B 19/416 (2006.01)

⑫

SOLICITUD DE PATENTE

A1

② Fecha de presentación: **26.04.2005**

④ Fecha de publicación de la solicitud: **16.04.2008**

④ Fecha de publicación del folleto de la solicitud:
16.04.2008

⑦ Solicitante/s:
**Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Serrano, 117
28006 Madrid, ES**

⑦ Inventor/es: **Ramírez Rojas, Adriana Cristina;
Akinfiyev, Teodor;
Alique López, José Ramón;
Armada Rodríguez, Manuel Ángel y
Ros Torrecillas, Salvador**

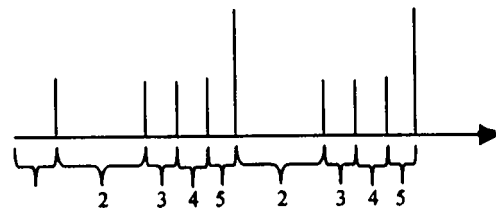
⑦ Agente: **No consta**

⑤ Título: **Método de control para máquina con control numérico.**

⑦ Resumen:

Método de control para máquina con control numérico.
El método de control para máquina con control numérico contempla los siguientes pasos:

- Se miden y se registran las variables del proceso de mecanizado en al menos parte de la trayectoria de trabajo.
- Se calculan y se registran las propiedades del proceso de mecanizado en al menos parte de la trayectoria de trabajo.
- Se comparan las propiedades del proceso de mecanizado medidas con valores definidos previamente.
- Se continúa con la ejecución de la operación de mecanizado sin cambio alguno de los parámetros del proceso de mecanizado si las propiedades medidas se encuentran dentro de los límites establecidos por los valores definidos previamente.
- Se cambia automáticamente los parámetros del proceso de mecanizado, por tanto, se cambia automáticamente el programa si las propiedades medidas se encuentran fuera de los límites establecidos por los valores definidos previamente.



ES 2 296 444 A1

DESCRIPCIÓN

Método de control para máquina con control numérico.

5 Sector de la técnica

La invención pertenece a la ingeniería conectada a la industria de máquinas-herramienta con control numérico, como Fresadoras, Tomos, Taladradoras y en general, centros de mecanizado.

10 Estado de la técnica

Dentro de las soluciones técnicas conocidas tenemos a la Patente WO2004018149. En esta patente, el método de control para máquina con control numérico, consiste en aquello que hace la operación de mecanizado de una pieza de trabajo (11) con la ayuda de una herramienta de trabajo (9), realizando el movimiento relativo progresivo y giratorio entre la herramienta de trabajo (9) y la pieza de trabajo (11), este movimiento es ejecutado con la ayuda de motores y de un programa preparado de antemano que determina la trayectoria así como la velocidad del movimiento relativo entre la pieza de trabajo (11) y la herramienta de trabajo (9).

En esta patente no se muestran mecanismos que garanticen la comprobación de las condiciones del proceso y el cambio automático de los parámetros del proceso de mecanizado, la fiabilidad y seguridad de la máquina (10) y del proceso de mecanizado.

También dentro de las soluciones técnicas conocidas está el Harmonizer® un producto de Manufacturing Laboratories, Inc., su descripción puede ser consultada en la siguiente dirección: <http://www.mfg-labs.com/mfg-labs/Harmonizer/>. El Harmonizer® cuenta con un micrófono para la detección de la vibración durante el proceso de mecanizado. Esta solución presenta el inconveniente de ser muy susceptible a ruidos externos, por ejemplo si se tiene más de una máquina (10) dentro de un determinado espacio.

En esta solución no se muestran mecanismos que garanticen la fiabilidad y seguridad de la máquina (10), del proceso de mecanizado y el cambio automático de los parámetros del proceso de mecanizado.

Descripción de la invención

- Breve descripción de la invención

El método de control para máquina con control numérico, consiste en aquello que hace la operación de mecanizado de una pieza de trabajo (11) con la ayuda de una herramienta de trabajo (9), realizando el movimiento relativo progresivo y giratorio entre la herramienta de trabajo (9) y la pieza de trabajo (11), este movimiento es ejecutado con la ayuda de motores y de un programa preparado de antemano que determina la trayectoria así como la velocidad del movimiento relativo entre la pieza de trabajo (11) y la herramienta de trabajo (9).

El método de control para máquina con control numérico contempla los siguientes pasos:

- Se miden y se registran las variables del proceso de mecanizado en al menos parte de la trayectoria de trabajo.
- Se calculan y se registran las propiedades del proceso de mecanizado en al menos parte de la trayectoria de trabajo.
- Se comparan las propiedades del proceso de mecanizado medidas con valores definidos previamente.
- Se continúa con la ejecución de la operación de mecanizado sin cambio alguno de los parámetros del proceso de mecanizado si las propiedades medidas se encuentran dentro de los límites establecidos por los valores definidos previamente.
- Se cambia automáticamente uno o varios de los parámetros del proceso de mecanizado de forma que se conserva la trayectoria del proceso, por tanto, se cambia automáticamente el programa si las propiedades medidas se encuentran fuera de los límites establecidos por los valores definidos previamente.

- Descripción detallada de la invención

La presente invención hace referencia a un método de control para máquina con control numérico capaz de mejorar la calidad, productividad, fiabilidad, y seguridad del proceso para máquina (10) con control numérico (6), predecir y suprimir el retemblado, diagnosticar el estado de la herramienta de trabajo (9) y la máquina (10).

Se tiene una máquina (10) con control numérico (6) (por ejemplo una fresadora, un torno, una taladradora, la combinación de al menos dos de ellas en una misma máquina (10) o un centro de mecanizado). Se es capaz de realizar una operación de mecanizado en una pieza de trabajo (11) con la ayuda de una herramienta de trabajo (9). Se es capaz

ES 2 296 444 A1

de realizar un movimiento relativo progresivo y giratorio entre la herramienta de trabajo (9) y la pieza de trabajo (11), este movimiento es ejecutado con la ayuda de motores y de un programa preparado de antemano que determina la trayectoria así como la velocidad del movimiento relativo entre de la pieza de trabajo (11) y la herramienta de trabajo (9).

5

Se miden y se registran las variables del proceso de mecanizado en al menos parte de la trayectoria de trabajo. Es posible que se consideren las señales provenientes de los sensores como variables del proceso de mecanizado.

10 Se calculan y se registran las propiedades del proceso de mecanizado en al menos parte de la trayectoria de trabajo. Es posible que se consideren las propiedades del proceso como la deformación de la herramienta de trabajo (9), la amplitud y/o frecuencia de las vibraciones de la herramienta de trabajo (9), la deformación de la pieza de trabajo (11), la amplitud y/o frecuencia de las vibraciones de la pieza de trabajo (11), la deformación relativa entre la herramienta de trabajo (9) y la pieza de trabajo (11), la amplitud y/o frecuencia de las vibraciones relativas entre la herramienta de trabajo (9) y la pieza de trabajo (11).

15

Se cuenta con un módulo de elementos electrónicos (7) para la adquisición y registro de las variables del proceso de mecanizado, para el cálculo, registro y comparación de las propiedades del proceso de mecanizado; además, de la toma de decisiones. El módulo de elementos electrónicos (7) tiene conexión en dos direcciones con el control numérico (6).

20

Es posible que las variables del proceso sean medidas a través de sensores láser (8), acelerómetros (12), sensores de deformación u algún otro dispositivo. Es necesario que el dispositivo esté conectado al módulo de elementos electrónicos (7) para el cálculo y registro de resultados.

25

Es ventajoso que el dispositivo para la medida de las variables del proceso cuente con al menos dos sensores iguales con un ángulo de noventa grados entre ellos, siendo mejor que guarden una relación de igualdad en la medida y que por tanto apunten ambos a la misma altura.

30

Si se requiere medir y registrar las variables del proceso en la herramienta de trabajo (9), por ejemplo en máquina (10) con herramienta de trabajo (9) con movimiento giratorio (una fresadora o una taladradora), es ventajoso que el dispositivo de medida esté sujeto al cabezal (13).

35

Si se requiere medir y registrar las variables del proceso en la herramienta de trabajo (9), por ejemplo en máquina (10) con herramienta de trabajo (9) sin movimiento giratorio (un torno), es ventajoso que el dispositivo de medida esté sujeto a la mesa de trabajo (14) (sensor láser (8)) o directamente a la herramienta de trabajo (9) (acelerómetros (12)).

40

Si se requiere medir y registrar las variables del proceso en la pieza de trabajo (11), por ejemplo en máquina (10) con herramienta de trabajo (9) con movimiento giratorio (una fresadora o una taladradora), es ventajoso que el dispositivo de medida esté sujeto a la mesa de trabajo (14) (sensor láser (8) o acelerómetros (12)).

45

Si se requiere medir y registrar las variables del proceso en la pieza de trabajo (11), por ejemplo en máquina (10) con herramienta de trabajo (9) sin movimiento giratorio (un torno), es ventajoso que el dispositivo de medida esté sujeto al cabezal (13) (sensor láser (8) o acelerómetros (12)) o directamente a la pieza de trabajo (11) (acelerómetros (12)).

50

Para máquina (10) con herramienta de trabajo (9) sin movimiento giratorio (por ejemplo un Torno) es posible utilizar para la medida de las variables del proceso al menos un sensor de desplazamiento (por ejemplo sensor láser (8) o sensor de deformación) y/o sensor de aceleración (por ejemplo acelerómetro (12)). Es ventajoso que se cuente con dos sensores iguales, siendo mejor que guarden un ángulo de noventa grados entre ellos, que guarden relación de igualdad en la medida y que por tanto apunten ambos en una misma longitud de la herramienta de trabajo (9).

55

Es ventajoso tomar en cuenta como un primer paso calcular y registrar la posición de la herramienta de trabajo (9) en máquina (10) trabajando al vacío. Es ventajoso tomar en cuenta este primer paso para obtener una mayor exactitud en el cálculo de las propiedades del proceso.

60

Si se miden las variables del proceso a través de sensores láser (8), para un primer sensor láser (8) se mide y se registra la distancia entre el sensor y el área de medida X_0 , para un segundo sensor láser (8) se realiza el mismo procedimiento de forma que se obtiene Y_0 .

65

Una vez que la herramienta de trabajo (9) entra en contacto con la pieza de trabajo (11), es necesario esperar un tiempo (por ejemplo 10 segundos de modo que no se incluyan aquellas medidas acerca de los primeros contactos bruscos de la herramienta de trabajo (9) con la pieza de trabajo (11)), luego pasado ese tiempo, se mide y se registra al mismo tiempo la distancia desde cada uno de los sensores láser (8) hasta la herramienta de trabajo (9) durante un tiempo t_m (por ejemplo 2 segundos) de modo que se obtiene una serie de medidas (X_1, \dots, X_n) y (Y_1, \dots, Y_n).

ES 2 296 444 A1

Luego se calcula y registra el desplazamiento de modo que se obtiene $(D_1 = \sqrt{(X_1 - X_0)^2 + (Y_1 - Y_0)^2}, \dots,$

$$D_n = \sqrt{(X_n - X_0)^2 + (Y_n - Y_0)^2}.$$

El máximo desplazamiento $Max(D_i)$ obtenido se compara con al menos dos valores límite D^* y D^{**} (dónde $D^* < D^{**}$) predeterminados teórica o experimentalmente.

Hasta este punto, el proceso se ejecuta sin cambio alguno de los parámetros del proceso de mecanizado acorde con el programa de control numérico (6).

Se continúa con la ejecución de la operación de mecanizado sin cambio alguno de los parámetros del proceso de mecanizado si $Max(D_i)$ se encuentran dentro de los límites establecidos por los valores definidos previamente D^* y D^{**} .

Se cambia automáticamente la velocidad de cada uno de los motores que ejecutan el movimiento progresivo en igual porcentaje (por ejemplo 5%) de forma que se conserve la trayectoria predefinida. El cambio se realiza automáticamente en el programa de control numérico (6). Si el $Max(D_i)$ obtenido es menor a D^* entonces se aumenta la velocidad. Si el $Max(D_i)$ obtenido es mayor a D^{**} entonces se disminuye la velocidad.

El procedimiento anterior se repite cuantas veces sea necesario durante el proceso de mecanizado, excluyendo el tiempo de espera contemplado al inicio del procedimiento.

En lugar de utilizar sensores láser (8) como sensores de desplazamiento es posible utilizar al igual que éstos uno o más de un sensor de deformación, por ejemplo galgas extensiométricas. En este caso el algoritmo de control es igual al descrito para los sensores láser (8).

En lugar de utilizar sensores láser (8) para la medida de las variables del proceso es posible utilizar acelerómetros (12), en este caso se realizaría el mismo procedimiento para el cambio de la velocidad de cada uno de los motores que ejecutan el movimiento progresivo. Es ventajoso tomar en cuenta la aceleración experimentada por la herramienta de trabajo (9) al realizar el movimiento progresivo.

De manera similar se puede cambiar automáticamente la velocidad de giro de la pieza de trabajo (11).

Para ello, a partir de la serie de medidas $(X_1 - X_0, \dots, X_n - X_0)$ y $(Y_1 - Y_0, \dots, Y_n - Y_0)$, se obtiene para cada una de ellas el ángulo de deformación α_i , de la siguiente manera: $\alpha_i = \arctg \frac{Y_i - Y_0}{X_i - X_0}$. Luego se calcula el promedio de los

$$\text{ángulos de deformación obtenidos } \tilde{\alpha} = \frac{\sum \alpha_i}{n}.$$

El ángulo de deformación promedio $\tilde{\alpha}$ se compara con al menos dos valores límite α^* y α^{**} (dónde $\alpha^* < \alpha^{**}$) predeterminados teórica o experimentalmente.

Hasta este punto, el proceso se ejecuta sin cambio alguno de los parámetros del proceso de mecanizado acorde con el programa de control numérico (6).

Se continúa con la ejecución de la operación de mecanizado sin cambio alguno de los parámetros del proceso de mecanizado si $\tilde{\alpha}$ se encuentran dentro de los límites establecidos por los valores definidos previamente α^* y α^{**} .

Se cambia automáticamente la velocidad de giro de la pieza de trabajo (11) (por ejemplo en un 5%). El cambio se realiza automáticamente en el programa de control numérico (6). Si el $\tilde{\alpha}$ obtenido es menor a α^* entonces se aumenta la velocidad. Si el $\tilde{\alpha}$ obtenido es mayor a α^{**} entonces se disminuye la velocidad.

Para máquina (10) con herramienta de trabajo (9) con movimiento giratorio (por ejemplo una Fresadora) es posible utilizar para la medida de las variables del proceso al menos un sensor de desplazamiento (por ejemplo sensor láser (8) o sensor de deformación) y/o sensor de aceleración (por ejemplo acelerómetro (12)). Es ventajoso que se cuente con dos sensores iguales, siendo mejor que guarden un ángulo de noventa grados entre ellos, que guarden relación de igualdad en la medida y que por tanto apunten ambos a una misma altura de la herramienta de trabajo (9).

Para el cálculo y registro de las propiedades del proceso es preferible tener puntos definidos en el área de medida (A_i) , donde $i=1-n$, por ejemplo empezando por A_1 y colocándolos a una distancia de 10 grados a partir de este primer punto. Esto se logra al obtener del control numérico (6) de la máquina (10) la información de la posición de la herramienta de trabajo (9) en cada momento.

Para un primer sensor láser (8) se mide y se registra la distancia entre el sensor y cada uno de los puntos A_i , de modo que se obtiene (X_1^0, \dots, X_n^0) , al mismo tiempo un segundo sensor láser (8) realiza el mismo procedimiento de

ES 2 296 444 A1

forma que se obtiene (Y_1^0, \dots, Y_n^0) Es importante mencionar que en este punto la máquina (10) se encuentra trabajando al vacío, a la mínima velocidad de giro de la herramienta de trabajo (9) o en condición de arranque y parada.

5 En este punto, se compara el máximo valor X_i^0 con el mínimo valor X_i^1 , de modo que si $\frac{\text{Max}(X_i^0) - \text{Min}(X_i^1)}{\text{Max}(X_i^0)} > C$, entonces se considera que la herramienta de trabajo (9) no es adecuada para ejecutar un proceso de mecanizado y por lo tanto debe de ser reemplazada. C es un porcentaje definido previamente (por ejemplo 2%).

10 Es ventajoso conocer el estado de la máquina (10), para ello se repite el procedimiento anterior en máquina (10) trabajando al vacío, de modo que se obtiene (X_1^1, \dots, X_n^1). Para un segundo sensor láser (8) se realiza el mismo procedimiento de forma que se obtiene (Y_1^1, \dots, Y_n^1). Es posible hacerlo inicialmente a muy baja velocidad de giro en máquina (10) trabajando al vacío y luego incrementar la velocidad de giro paulatinamente hasta un punto determinado previamente.

15 A partir de la primera y segunda serie de medidas por cada sensor láser (8), es ventajoso obtener una sola serie de datos por cada sensor, a partir de la relación entre ambas, de forma que se obtiene para un primer sensor ($X_1^1 - X_1^0, \dots, X_n^1 - X_n^0$) y para un segundo sensor ($Y_1^1 - Y_1^0, \dots, Y_n^1 - Y_n^0$). Si el máximo error calculado a partir de las anteriores diferencias es superior a lo establecido por el fabricante, es necesario detenerse y reparar y/o cambiar el elemento que causa este fenómeno (por ejemplo, si el elemento que causa este problema es el portaherramienta, es necesario remplazarlo para continuar el proceso de mecanizado).

En este punto se realiza una operación de mecanizado acorde con un programa de control numérico (6) preestablecido.

25 Una vez que la herramienta de trabajo (9) entra en contacto con la pieza de trabajo (11), es posible esperar un tiempo t (por ejemplo 10 segundos de modo que no se incluyan aquellas medidas acerca de los primeros contactos bruscos de la herramienta de trabajo (9) con la pieza de trabajo (11)).

30 Es necesario conservar los mismos puntos definidos en el área de medida (A_i). Esto se logra al obtener del control numérico (6) de la máquina (10) la información de la posición de la herramienta de trabajo (9) en cada momento. Por ejemplo, en el instante cuando el primer sensor apunta a la posición A_1 , la medida de distancia es registrada por cada uno de los sensores, este procedimiento se repite para todos los puntos A_i definidos previamente, de modo que se obtiene (X_1^*, \dots, X_n^*) y (Y_1^*, \dots, Y_n^*). Luego se calcula $X_i = X_i^* - X_i^0$ y $Y_i = Y_i^* - Y_i^0$ dónde $i=1-n$.

35 Una vez obtenidas las medidas para todos los puntos A_i , el proceso de medida es finalizado. Sin embargo, es posible continuar de manera que se registre varias series de medidas para cada uno de los puntos A_i , en este caso se obtiene

40 el promedio de cada una de las distancias para cada A_i . Para un primer sensor $\tilde{X}_i = \frac{X_{i1} + X_{i2} + \dots + X_{ik}}{k}$ y para un segundo sensor $\tilde{Y}_i = \frac{Y_{i1} + Y_{i2} + \dots + Y_{ik}}{k}$.

45 Luego se calcula el desplazamiento de modo que se obtiene $(D_1 = \sqrt{(\tilde{X}_1 - X_1^0)^2 + (\tilde{Y}_1 - Y_1^0)^2}, \dots,$

$$D_n = \sqrt{(\tilde{X}_n - X_n^0)^2 + (\tilde{Y}_n - Y_n^0)^2}.$$

50 El máximo desplazamiento $\text{Max}(D_i)$ obtenido se compara con al menos dos valores límite D^* y D^{**} (dónde $D^* < D^{**}$) predeterminados teórica o experimentalmente.

55 Hasta este punto, el proceso se ejecuta sin cambio alguno de los parámetros del proceso de mecanizado acorde con el programa de control numérico (6).

Se continúa con la ejecución de la operación de mecanizado sin cambio alguno de los parámetros del proceso de mecanizado si $\text{Max}(D_i)$ se encuentran dentro de los límites establecidos por los valores definidos previamente D^* y D^{**} .

60 Se cambia automáticamente la velocidad de cada uno de los motores que ejecutan el movimiento progresivo en igual porcentaje (por ejemplo 5%) de forma que se conserve la trayectoria predefinida. El cambio se realiza automáticamente en el programa de control numérico (6). Si el $\text{Max}(D_i)$ obtenido es menor a D^* entonces se aumenta la velocidad. Si el $\text{Max}(D_i)$ obtenido es mayor a D^{**} entonces se disminuye la velocidad.

65 El procedimiento anterior se repite cuantas veces sea necesario durante el proceso de mecanizado, excluyendo el tiempo de espera contemplado al inicio del procedimiento y la salida de la herramienta de trabajo (9) de la pieza de trabajo (11).

ES 2 296 444 A1

Es posible cambiar automáticamente la velocidad de giro de la herramienta de trabajo (9). De modo que, al comparar el máximo desplazamiento $Max(D_i)$ obtenido con al menos un valor límite D^{***} , predeterminado teórica o experimentalmente, se obtiene que $Max(D_i)$ es menor a D^{***} , entonces se continúa con la ejecución de la operación de mecanizado sin cambio alguno de la velocidad de giro.

Si por el contrario, se obtiene que el máximo desplazamiento $Max(D_i)$ es igual o mayor al valor límite D^{***} , entonces se cambia automáticamente la velocidad de giro de la herramienta de trabajo (9), según la siguiente tabla:

Velocidad de giro (RPM)	Velocidad de giro ejecutando un proceso de mecanizado (RPM)			
Velocidad actual	$0 - B_1$	$B_1 - B_2$...	$B_{m-1} - B_m$
Velocidad nueva	F_1	F_2	...	F_m

Los valores B_i y F_i (dónde $i = 1, \dots, m$) son determinados experimentalmente y dependen directamente de las propiedades y características de la herramienta de trabajo (9). Es posible que los anteriores valores sean determinados según el método descrito en el libro MANUFACTURING AUTOMATION, cuyo autor es Yusuf Altintas, publicado por la casa editorial CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, en 2000, ISBN 0 521 65029 1; página 89.

En lugar de utilizar sensores láser (8) para la medida de las variables del proceso es posible utilizar acelerómetros (12), en este caso se realizaría el mismo procedimiento para el cambio de la velocidad de cada uno de los motores que ejecutan el movimiento progresivo y el movimiento giratorio de la herramienta de trabajo (9). Es ventajoso tomar en cuenta la aceleración experimentada por la herramienta de trabajo (9) al realizar el movimiento progresivo y el movimiento giratorio de la herramienta de trabajo (9).

Para máquina (10) con pieza de trabajo (11) con movimiento giratorio (por ejemplo un Torno) es posible utilizar para la medida de las variables del proceso al menos un sensor de desplazamiento (por ejemplo sensor láser (8) o sensor de deformación) y/o sensor de aceleración (por ejemplo acelerómetro (12)). Es ventajoso que se cuente con dos sensores iguales, siendo mejor que guarden un ángulo de noventa grados entre ellos, que guarden relación de igualdad en la medida y que por tanto apunten ambos a una misma altura de la pieza de trabajo (11).

Para el cálculo y registro de las propiedades del proceso es preferible tener puntos definidos en el área de medida (A_i), por ejemplo empezando por A_1 y colocándolos a una distancia de 10 grados a partir de este primer punto. Esto se logra al obtener del control numérico (6) de la máquina (10) la información de la posición de la pieza de trabajo (11) en cada momento. A su vez, los puntos A_i estarán ubicados en aquella parte de la pieza de trabajo (11) que no será mecanizada.

Para un primer sensor láser (8) se mide y se registra la distancia entre el sensor y cada uno de los puntos A_i , de modo que se obtiene (X_1^0, \dots, X_n^0), al mismo tiempo un segundo sensor láser (8) realiza el mismo procedimiento de forma que se obtiene (Y_1^0, \dots, Y_n^0). Es importante mencionar que en este punto la máquina (10) se encuentra trabajando al vacío, a la mínima velocidad de giro de la pieza de trabajo (11) o en condición de arranque y parada.

Es ventajoso conocer el estado de la máquina (10), para ello se repite el procedimiento anterior en máquina (10) trabajando al vacío, de modo que se obtiene (X_1^1, \dots, X_n^1). Para un segundo sensor láser (8) se realiza el mismo procedimiento de forma que se obtiene (Y_1^1, \dots, Y_n^1). Es posible hacerlo inicialmente a muy baja velocidad de giro en máquina (10) trabajando al vacío y luego incrementar la velocidad de giro paulatinamente hasta un punto determinado previamente.

A partir de la primera y segunda serie de medidas por cada sensor láser (8), es ventajoso obtener una sola serie de datos por cada sensor, a partir de la relación entre ambas, de forma que se obtiene para un primer sensor ($X_1^1 - X_1^0, \dots, X_n^1 - X_n^0$) y para un segundo sensor ($Y_1^1 - Y_1^0, \dots, Y_n^1 - Y_n^0$). Si el máximo error calculado a partir de las anteriores diferencias es superior a lo establecido por el fabricante, es necesario detenerse y reparar y/o cambiar el elemento que causa este fenómeno (por ejemplo, si el elemento que causa este problema son los rodamientos, es necesario remplazarlos para continuar el proceso de mecanizado).

En este punto se realiza una operación de mecanizado acorde con un programa de control numérico (6) preestablecido.

Una vez que la herramienta de trabajo (9) entra en contacto con la pieza de trabajo (11), es posible esperar un tiempo t (por ejemplo 10 segundos, de modo que no se incluyan aquellas medidas acerca de los primeros contactos bruscos de la herramienta de trabajo (9) con la pieza de trabajo (11)).

Es necesario conservar los mismos puntos definidos en el área de medida (A_i). Esto se logra al obtener del control numérico (6) de la máquina (10) la información de la posición de la herramienta de trabajo (9) en cada momento. Por ejemplo, en el instante cuando el primer sensor apunta a la posición A_1 , la medida de distancia es registrada por cada uno de los sensores, este procedimiento se repite para todos los puntos A_i definidos previamente, de modo que se obtiene (X_1^*, \dots, X_n^*) y (Y_1^*, \dots, Y_n^*). Luego se calcula $X_i = X_i^* - X_i^0$ y $Y_i = Y_i^* - Y_i^0$, dónde $i=1-n$.

Una vez obtenidas las medidas para todos los puntos A_i , el proceso de medida es finalizado. Sin embargo, es posible continuar de manera que se registre varias series de medidas para cada uno de los puntos A_i , en este caso se obtiene el

promedio de cada una de las distancias para cada A_i . Para un primer sensor $\tilde{X}_i = \frac{X_{i1} + X_{i2} + \dots + X_{ik}}{k}$ y para un segundo sensor $\tilde{Y}_i = \frac{Y_{i1} + Y_{i2} + \dots + Y_{ik}}{k}$.

Luego se calcula el desplazamiento de modo que se obtiene $(D_1 = \sqrt{(\tilde{X}_1 - X_1^0)^2 + (\tilde{Y}_1 - Y_1^0)^2}, \dots,$
 $D_n = \sqrt{(\tilde{X}_n - X_n^0)^2 + (\tilde{Y}_n - Y_n^0)^2}$).

El máximo desplazamiento $Max(D_i)$ obtenido se compara con al menos dos valores límite D^* y D^{**} (dónde $D^* < D^{**}$) predeterminados teórica o experimentalmente.

Hasta este punto, el proceso se ejecuta sin cambio alguno de los parámetros del proceso de mecanizado acorde con el programa de control numérico (6).

Se continúa con la ejecución de la operación de mecanizado sin cambio alguno de los parámetros del proceso de mecanizado si $Max(D_i)$ se encuentran dentro de los límites establecidos por los valores definidos previamente D^* y D^{**} .

Se cambia automáticamente la velocidad de cada uno de los motores que ejecutan el movimiento progresivo en igual porcentaje (por ejemplo 5%) de forma que se conserve la trayectoria predefinida. El cambio se realiza automáticamente en el programa de control numérico (6). Si el $Max(D_i)$ obtenido es menor a D^* entonces se aumenta la velocidad. Si el $Max(D_i)$ obtenido es mayor a D^{**} entonces se disminuye la velocidad.

El procedimiento anterior se repite cuantas veces sea necesario durante el proceso de mecanizado, excluyendo el tiempo de espera contemplado al inicio del procedimiento y la salida de la herramienta de trabajo (9) de la pieza de trabajo (11).

En lugar de utilizar sensores láser (8) para la medida de las variables del proceso es posible utilizar acelerómetros (12), en este caso se realizaría el mismo procedimiento para el cambio de la velocidad de cada uno de los motores que ejecutan el movimiento progresivo y el movimiento giratorio de la pieza de trabajo (11). Es ventajoso tomar en cuenta la aceleración experimentada por la pieza de trabajo (11) al realizar el movimiento progresivo y el movimiento giratorio de la pieza de trabajo (11).

El desplazamiento relativo (aceleración) entre al herramienta de trabajo (9) y la pieza de trabajo (11) es fácil de calcular a través de los vectores de desplazamiento (aceleración) absoluto de la pieza de trabajo (11) y de la herramienta de trabajo (9). De modo que, el vector de desplazamiento relativo entre la pieza de trabajo (11) y de la herramienta de trabajo (9) es igual a la diferencia entre el vector del desplazamiento absoluto de la pieza de trabajo (11) y el vector del desplazamiento absoluto de la herramienta de trabajo (9).

Por ejemplo, para máquina (10) con herramienta de trabajo (9) con movimiento giratorio (por ejemplo, una Fresadora) es posible utilizar el mismo algoritmo descrito anteriormente, sólo que en lugar de utilizar medidas acerca del movimiento de la herramienta de trabajo (9), utilizar desplazamiento relativo entre al herramienta de trabajo (9) y la pieza de trabajo (11).

Es importante mencionar que siguiendo este método, es posible, en el paso que contempla la medida y registro de las variables del proceso de mecanizado obtener medidas continuas en el tiempo. También, es posible eliminar el ruido y evadir datos no correctos de las señales provenientes de los sensores según el método expuesto en la Patente DE10047218.

Descripción de los dibujos

5 Para la mejor comprensión de cuanto queda escrito en esta memoria, se acompañan unos dibujos en los que, tan sólo a título de ejemplo, se representan casos prácticos de realización del método de control para máquina (10) con control numérico y de su funcionamiento.

La figura 1 muestra la secuencia de los pasos principales que se establecen en el método de control para máquina (10) con control numérico (6).

10 La figura 2 muestra una Fresadora con control numérico (6), un módulo de elementos electrónicos (7) con conexión en dos direcciones al control numérico (6) y con conexión en una o dos direcciones al sensor láser (8). El sensor láser (8) está conectado mecánicamente al cabezal (13).

15 La figura 3 muestra una Taladradora con control numérico (6), un módulo de elementos electrónicos (7) con conexión en dos direcciones al control numérico (6) y con conexión en una o dos direcciones al sensor láser (8). El sensor láser (8) está conectado mecánicamente al cabezal (13).

20 La figura 4 muestra un Tomo con control numérico (6), un módulo de elementos electrónicos (7) con conexión en dos direcciones al control numérico (6) y con conexión en una o dos direcciones al sensor láser (8). El sensor láser (8) está conectado mecánicamente al cabezal (13).

25 La figura 5 muestra dos ejemplos de herramientas de trabajo (9), una de forma aproximadamente cilíndrica y la otra aproximadamente rectangular. En una de las herramientas de trabajo (9) están localizados dos acelerómetros (12) para la medida de las variables del proceso de mecanizado. La figura también muestra dos sensores láser (8) apuntando a una de las herramientas de trabajo (9) para la medida de las variables del proceso de mecanizado. La figura muestra, además, la dirección de los ejes cartesianos y el vector de desplazamiento de la herramienta de trabajo (9).

30 Lista de designaciones

1. Tiempo de espera
2. Medida y registro de las variables del proceso de mecanizado
- 35 3. Cálculo y registro de las propiedades del proceso de mecanizado
4. Comparación de las propiedades del proceso de mecanizado
- 40 5. Toma de decisiones acerca de la necesidad de cambiar los parámetros del proceso de mecanizado
6. Control numérica
7. Módulo de elementos electrónicos
- 45 8. Sensor láser
9. Herramienta de trabajo
- 50 10. Máquina
11. Pieza de trabajo
12. Acelerómetro
- 55 13. Cabezal
14. Mesa de trabajo

60 Modos de realización de la invención

La presente invención se ilustra adicionalmente con el siguiente ejemplo, el cual no pretenden ser limitativo de su alcance.

65

Ejemplo 1

En una Fresadora con control numérico (6), se utiliza para la medida de las variables del proceso dos sensores láser (8) de desplazamiento. Los sensores guardan un ángulo de noventa grados entre ellos y apuntan ambos a una misma altura de la herramienta de trabajo (9). Los sensores láser (8) se encuentran conectados mecánicamente al cabezal (13) y electrónicamente al módulo de elementos electrónicos (7). El módulo de elementos electrónicos (7) tiene conexión en dos direcciones con el control numérico (6).

Para el cálculo y registro de las propiedades del proceso se tienen 72 puntos definidos en el área de medida (A_i), donde $i=1-72$, empezando por A_1 y colocados a una distancia de 5 grados a partir de este primer punto. Esto se logra al obtener del control numérico (6) de la máquina (10) la información de la posición de la herramienta de trabajo (9) en cada momento.

Para el primer sensor láser (8) se mide y se registra la distancia entre el sensor y cada uno de los puntos A_i , de modo que se obtiene (X_1^0, \dots, X_{72}^0), al mismo tiempo el segundo sensor láser (8) realiza el mismo procedimiento de forma que se obtiene (Y_1^0, \dots, Y_{72}^0). En este punto la máquina (10) se encuentra trabajando al vacío, a la mínima velocidad de giro de la herramienta de trabajo (9).

En este punto, se compara el máximo valor X_i^0 con el mínimo valor X_i^0 , de modo que si $\frac{\text{Max}(X_i^0) - \text{Min}(X_i^0)}{\text{Max}(X_i^0)} > C$, entonces se considera que la herramienta de trabajo (9) no es adecuada para ejecutar un proceso de mecanizado y por lo tanto debe de ser reemplazada. $C = 1\%$ y ha sido definido previamente.

Para conocer el estado de la máquina (10), se repite el procedimiento anterior en máquina (10) trabajando al vacío, de modo que se obtiene (X_1^1, \dots, X_{72}^1). Para el segundo sensor láser (8) se realiza el mismo procedimiento de forma que se obtiene (Y_1^1, \dots, Y_{72}^1). Este paso se realiza inicialmente a muy baja velocidad de giro en máquina (10) trabajando al vacío y luego se incrementa la velocidad de giro paulatinamente hasta alcanzar la máxima velocidad de giro.

A partir de la primera y segunda serie de medidas por cada sensor láser (8), se obtiene una sola serie de datos por cada sensor, a partir de la relación entre ambas, de forma que se obtiene para el primer sensor ($X_1^1 - X_1^0, \dots, X_{72}^1 - X_{72}^0$) y para el segundo sensor ($Y_1^1 - Y_1^0, \dots, Y_{72}^1 - Y_{72}^0$). Si el máximo error calculado a partir de las anteriores diferencias es superior a lo establecido por el fabricante 0.001 mm , es necesario detenerse y reparar y/o cambiar el elemento que causa este fenómeno.

En este punto se realiza una operación de mecanizado acorde con un programa de control numérico (6) preestablecido.

Una vez que la herramienta de trabajo (9) entra en contacto con la pieza de trabajo (11), se espera un tiempo de 2 segundos de forma que no se incluyan aquellas medidas acerca de los primeros contactos bruscos de la herramienta de trabajo (9) con la pieza de trabajo (11).

Se conservan los mismos puntos definidos en el área de medida (A_i). Al obtener del control numérico (6) de la máquina (10) la información de la posición de la herramienta de trabajo (9) en cada momento. De este modo, en el instante cuando el primer sensor apunta a la posición A_1 , la medida de distancia es registrada por ambos sensores, este procedimiento se repite para todos los puntos A_i definidos previamente, de modo que se obtiene (X_i^*, \dots, X_{72}^*) y (Y_1^*, \dots, Y_{72}^*). Luego se calcula $X_i = X_i^* - X_i^0$ y $Y_i = Y_i^* - Y_i^0$, donde $i=1-72$.

Una vez obtenidas las medidas para todos los puntos A_i , se continúa de manera que se registren varias series de medidas para cada uno de los puntos A_i , en este caso se obtiene el promedio de cada una de las distancias para cada

$$A_i. \text{ Para un primer sensor } \bar{X}_i = \frac{X_{i1} + X_{i2} + \dots + X_{ik}}{k} \text{ y para un segundo sensor } \bar{Y}_i = \frac{Y_{i1} + Y_{i2} + \dots + Y_{ik}}{k}, k = 3.$$

Luego se calcula el desplazamiento de modo que se obtiene $(D_1 = \sqrt{(\bar{X}_1 - X_1^0)^2 + (\bar{Y}_1 - Y_1^0)^2}, \dots,$

$$D_{72} = \sqrt{(\bar{X}_{72} - X_{72}^0)^2 + (\bar{Y}_{72} - Y_{72}^0)^2}.$$

El máximo desplazamiento $\text{Max}(D_i)$ obtenido se compara con al menos dos valores límite $D^* = 0.01 \text{ mm}$ y $D^{**} = 0.003 \text{ mm}$ (donde $D^* < D^{**}$) predeterminados teórica o experimentalmente.

Hasta este punto, el proceso se ejecuta sin cambio alguno de los parámetros del proceso de mecanizado acorde con el programa de control numérico (6).

ES 2 296 444 A1

Se continúa con la ejecución de la operación de mecanizado sin cambio alguno de los parámetros del proceso de mecanizado si $Max(D_i)$ se encuentran dentro de los límites establecidos por los valores definidos previamente D^* y D^{**} .

- 5 Se cambia automáticamente la velocidad de cada uno de los motores que ejecutan el movimiento progresivo en un 2% de forma que se conserve la trayectoria predefinida. El cambio se realiza automáticamente en el programa de control numérico (6). Si el $Max(D_i)$ obtenido es menor a D^* entonces se aumenta la velocidad. Si el $Max(D_i)$ obtenido es mayor a D^{**} entonces se disminuye la velocidad.
- 10 El procedimiento anterior se repite durante el proceso de mecanizado, excluyendo el tiempo de espera contemplado al inicio del procedimiento y la salida de la herramienta de trabajo (9) de la pieza de trabajo (11).

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. El método de control para máquina con control numérico, que consiste en aquello que hace la operación de mecanizado de una pieza de trabajo (11) con la ayuda de una herramienta de trabajo (9), realizando el movimiento relativo progresivo y giratorio entre la herramienta de trabajo (9) y la pieza de trabajo (11), este movimiento es ejecutado con la ayuda de motores y de un programa preparado de antemano que determina la trayectoria así como la velocidad del movimiento relativo entre la pieza de trabajo (11) y la herramienta de trabajo (9), **caracterizado** porque,

- Se miden y se registran las variables del proceso de mecanizado en al menos parte de la trayectoria de trabajo.
- Se calculan y se registran las propiedades del proceso de mecanizado en al menos parte de la trayectoria de trabajo.
- Se comparan las propiedades del proceso de mecanizado medidas con valores definidos previamente.
- Se continúa con la ejecución de la operación de mecanizado sin cambio alguno de los parámetros del proceso de mecanizado si las propiedades medidas se encuentran dentro de los límites establecidos por los valores definidos previamente.
- Se cambia automáticamente uno o varios de los parámetros del proceso de mecanizado de forma que se conserva la trayectoria del proceso, por tanto, se cambia automáticamente el programa si las propiedades medidas se encuentran fuera de los límites establecidos por los valores definidos previamente.

2. Un método de control para máquina con control numérico de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque como la propiedad del proceso de mecanizado se selecciona la deformación de la herramienta de trabajo (9).

3. Un método de control para máquina con control numérico de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque como las propiedades del proceso de mecanizado se seleccionan la amplitud y/o la frecuencia de las vibraciones de la herramienta de trabajo (9).

4. Un método de control para máquina con control numérico de acuerdo con la reivindicación 1, 2, **caracterizado** porque como la propiedad del proceso de mecanizado se selecciona la deformación de la pieza de trabajo (11).

5. Un método de control para máquina con control numérico de acuerdo con la reivindicación 1, 3, **caracterizado** porque como las propiedades del proceso de mecanizado se seleccionan la amplitud y/o la frecuencia de las vibraciones de la pieza de trabajo (11).

6. Un método de control para máquina con control numérico de acuerdo con la reivindicación 1, 2, 4, **caracterizado** porque como las propiedades del proceso de mecanizado es seleccionada la deformación relativa entre la herramienta de trabajo (9) y la pieza de trabajo (11).

7. Un método de control para máquina con control numérico de acuerdo con la reivindicación 1, 3, 5, **caracterizado** porque como las propiedades del proceso de mecanizado se seleccionan la amplitud y/o la frecuencia de las vibraciones relativas entre la herramienta de trabajo (9) y la pieza de trabajo (11).

8. Un método de control para máquina con control numérico de acuerdo con la reivindicación 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, **caracterizado** porque como el parámetro del proceso de mecanizado se selecciona la velocidad de giro, se mide y se registra la velocidad de giro con un sensor externo e independiente al control numérico (6).

9. Un método de control para máquina con control numérico de acuerdo con la reivindicación 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, **caracterizado** porque se mide y se registra la medida de la forma y la posición de la herramienta de trabajo (9) y/o de la pieza de trabajo (11), cuando la máquina (10) se encuentra trabajando al vacío, a la mínima velocidad de giro de la herramienta de trabajo (9) o pieza de trabajo (11), o en condición de arranque y parada.

10. Un método de control para máquina con control numérico de acuerdo con la reivindicación 1, 2, 4, 6, 8, 9, **caracterizado** porque se miden y se registran en puntos definidos en el área de medida (A:), las variables del proceso de mecanizado en la herramienta de trabajo (9) y/o de la pieza de trabajo (11).

11. Un método de control para máquina con control numérico de acuerdo con la reivindicación 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, **caracterizado** porque se mide y se registra la medida de la forma y la posición de la herramienta de trabajo (9) y/o de la pieza de trabajo (11), cuando la máquina (10) se encuentra trabajando al vacío, se hace inicialmente a muy baja velocidad de giro, luego se incrementa la velocidad.

ES 2 296 444 A1

- 5 12. Un método de control para máquina con control numérico de acuerdo con la reivindicación 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, **caracterizado** porque se miden y se registran las variables del proceso en dos direcciones mutuamente perpendiculares, se calcula el valor del vector las propiedades del proceso y el ángulo del vector las propiedades del proceso.
- 10 13. Un método de control para máquina con control numérico de acuerdo con la reivindicación 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, **caracterizado** porque se compara el máximo valor de las propiedades del proceso $Max(D_i)$ obtenido con al menos dos valores límite D^* y D^{**} (dónde $D^* < D^{**}$) predeterminados teórica o experimentalmente.
- 15 14. Un método de control para máquina con control numérico de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizado** porque se cambia la velocidad del proceso de mecanizado cuando el máximo valor de las propiedades del proceso $Max(D_i)$ obtenido es mayor que el valor límite D^{**} , reduciendo la velocidad del movimiento progresivo, disminuyendo la velocidad de los motores correspondientes en el mismo porcentaje conservando la trayectoria.
- 20 15. Un método de control para máquina con control numérico de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizado** porque se cambia la velocidad del proceso de mecanizado cuando el máximo valor de las propiedades del proceso $Max(D_i)$ obtenido es menor que el valor límite D^* , incrementando la velocidad del movimiento progresivo, aumentando la velocidad de los motores correspondientes en el mismo porcentaje conservando la trayectoria.
- 25 16. Un método de control para máquina con control numérico de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizado** porque se cambia la velocidad del proceso de mecanizado, reduciendo la velocidad de giro del motor correspondiente de acuerdo con el valor óptimo de velocidad, para una determinada herramienta de trabajo (9) y pieza de trabajo (11).
- 30 17. Un método de control para máquina con control numérico de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizado** porque se cambia la velocidad del proceso de mecanizado, aumentando la velocidad de giro del motor correspondiente de acuerdo con el valor óptimo de velocidad, para una determinada herramienta de trabajo (9) y pieza de trabajo (11).
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55
- 60
- 65

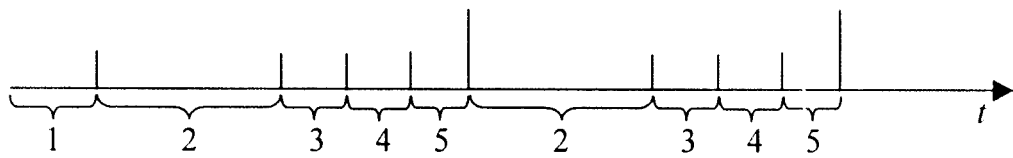


Figura 1

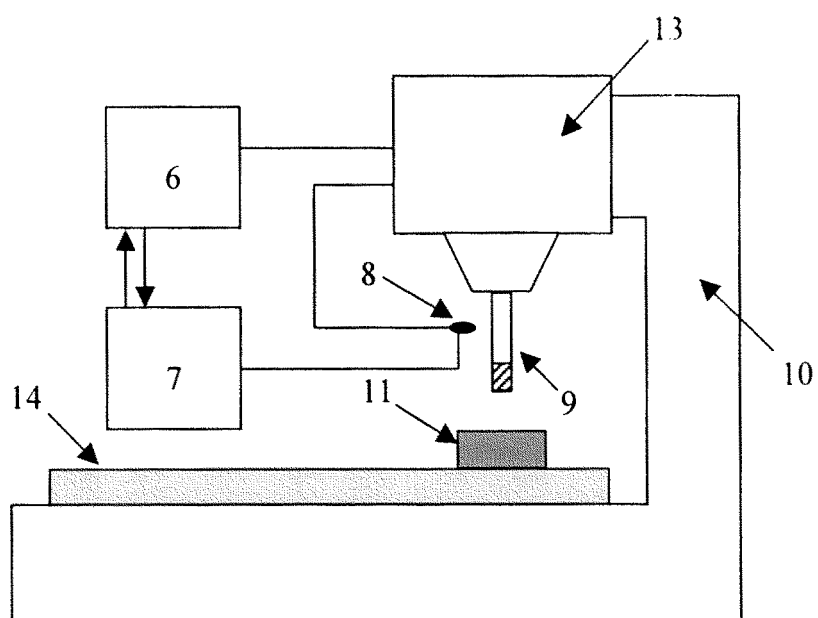


Figura 2

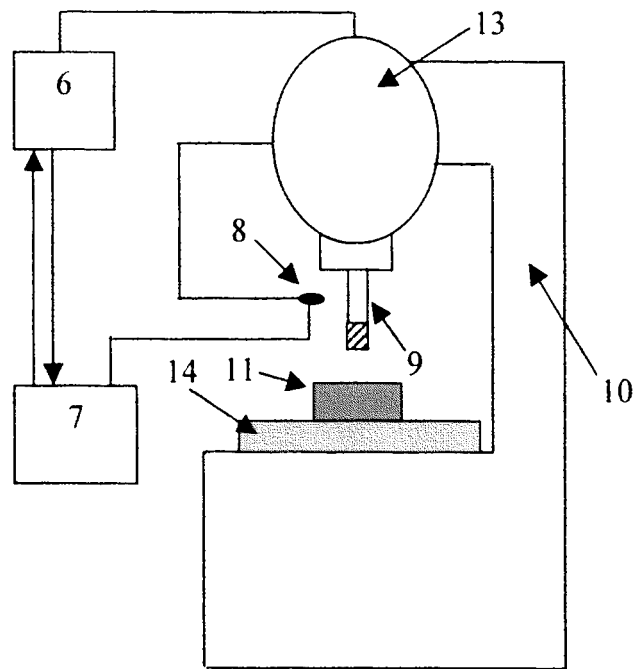


Figura 3

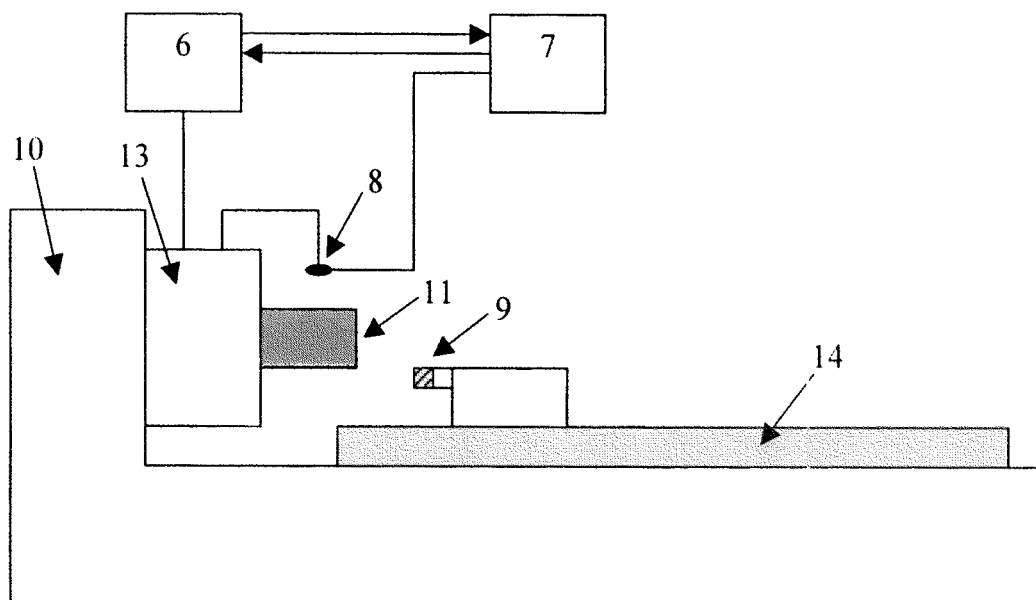


Figura 4

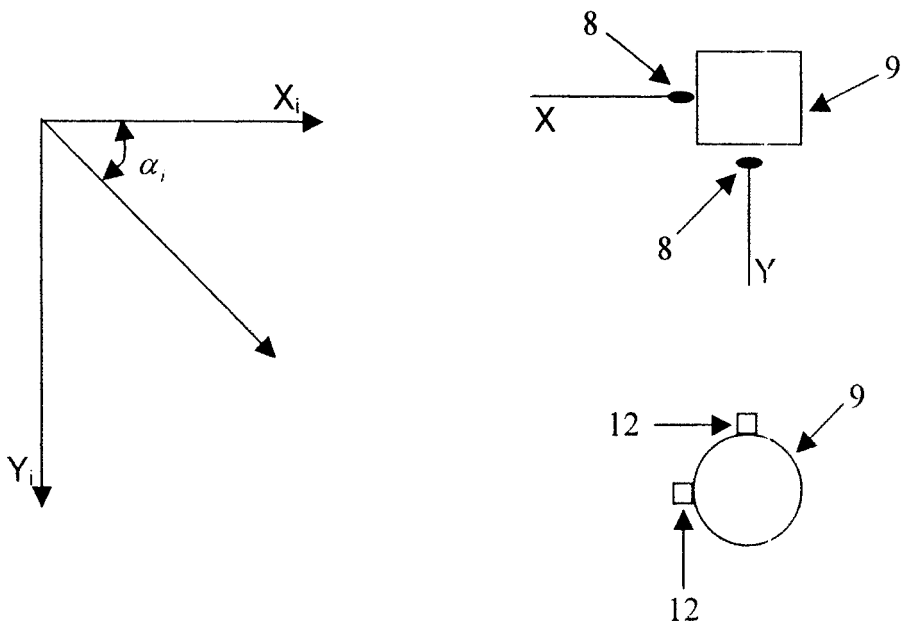


Figura 5



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 296 444

② Nº de solicitud: 200501007

③ Fecha de presentación de la solicitud: 26.04.2005

④ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.: **B23Q 15/00** (2006.01)
G05B 19/416 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	JP 5318278 A (MITSUBISHI ELECTRONIC CORP) 03.12.1993, resumen; figuras. Extraída de la base de datos PAJ en EPOQUE.	1-17
A	JP 4158405 A (YASKAWA ELECTRIC CORP) 01.06.1992, resumen; figuras. Extraída de la base de datos PAJ en EPOQUE.	1-10,13-17
A	US 2001012972 A1 (MATSUMOTO et al.) 09.08.2001, párrafos [0078-0123]; figuras 2,5-8.	1-7,9-11, 13-15
A	US 6556925 B1 (MORI et al.) 29.04.2003, columna 4, línea 45 - columna 10, línea 5; figuras.	1-7,10, 13-15,17

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
24.03.2008

Examinador
P. Pérez Fernández

Página
1/1