



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 280 997**

(51) Int. Cl.:

B23Q 17/22 (2006.01)

B23Q 17/24 (2006.01)

G01B 11/00 (2006.01)

G01B 11/02 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Número de solicitud europea: **04765124 .5**

(86) Fecha de presentación : **13.09.2004**

(87) Número de publicación de la solicitud: **1667815**

(87) Fecha de publicación de la solicitud: **14.06.2006**

(54) Título: **Procedimiento y sistema para verificar la posición de una pieza mecánica con un haz de luz.**

(30) Prioridad: **16.09.2003 IT BO03A0536**

(73) Titular/es: **MARPOSS SOCIETA' PER AZIONI**
Via Saliceto 13
40010 Bentivoglio BO, IT

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.09.2007

(72) Inventor/es: **Turrini, Andrea**

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.09.2007

(74) Agente: **Isern Jara, Jorge**

ES 2 280 997 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y sistema para verificar la posición de una pieza mecánica con un haz de luz.

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un procedimiento para verificar la posición de una pieza mecánica a lo largo de por lo menos una dirección de verificación de un aparato que incluye un dispositivo para la generación mediante un haz de luz a lo largo de una trayectoria transversal a la dirección de verificación, un sensor para detectar la interrupción 10 del haz de luz y dispositivos para causar los desplazamientos mutuos entre la pieza mecánica y el haz de luz a lo largo de la dirección de verificación y a lo largo de una dirección de inspección transversal a la dirección de verificación. Esta invención también se refiere a un sistema para la verificación de la posición de una herramienta acoplada en la torreta de una máquina-herramienta.

15 Antecedentes técnicos

Los aparatos para verificar automáticamente la posición o la integridad de las herramientas se utilizan a menudo en las máquinas-herramienta de diversos tipos tales como, por ejemplo, centros de mecanizado de control numérico en donde la condición de las herramientas se puede verificar durante el transcurso de la fase real de mecanización, 20 cuando la herramienta está acoplada en el husillo giratorio.

Los aparatos y los procedimientos conocidos realizan las verificaciones de este tipo, es decir, determinan la presencia, la posición, las dimensiones y las posibles rupturas de las herramientas, utilizando palpadores que están en contacto con las herramientas, o sistemas sin contacto tales como, por ejemplo, sistemas ópticos que emplean rayos o 25 haces de luz.

La patente americana US Nº US-A-3912925 describe una máquina de taladrar en la cual dispositivos para la verificación de la integridad de las herramientas utilizan haces de luz transversales con un grosor limitado. Los haces son sustancialmente coplanares con la dirección de avance de las herramientas. Se detecta la ausencia de interrupción 30 de un haz de luz en una posición específica de la herramienta y se notifica una condición anómala de la herramienta.

Diferentes aplicaciones de sistemas ópticos u optoelectrónicos para verificar la posición y/o las dimensiones de herramientas no giratorias con perfiles no conocidos con precisión *a priori* presentan problemas específicos. Este es el caso, por ejemplo, cuando se verifican herramientas colocadas en el soporte de la herramienta ("torreta") de un torno 35 y se requiere verificar con precisión la posición del filo de estas herramientas.

Un problema específico aparece siempre que no se pueden utilizar dispositivos caros y delicados con sensores lineales gruesos que utilizan un haz de luz igualmente grueso que permite detectar y analizar el perfil entero de la herramienta (por ejemplo sistemas de "selección del perfil") y se desea utilizar aparatos en los cuales se detecta 40 simplemente la interrupción de un haz de luz (por ejemplo un rayo láser) con un grosor limitado. El problema propuesto es encontrar la disposición correcta entre la herramienta y el haz de luz que permita a la primera interferir con el segundo en la dimensión significativa que se va a verificar, ya que no es conocida *a priori* la posición de la dimensión significativa a lo largo de todo el perfil de la herramienta.

45 Una solución propuesta, por ejemplo, en la patente Nº US-A-3749500 (figura 17, columna 16, líneas 4-21), sobre la cual se basan los preámbulos de las reivindicaciones 1 y 11, es disponer el aparato optoelectrónico de tal manera que el haz descance en el plano que incluye el perfil de la herramienta que se va a verificar, sustancialmente perpendicular a la dirección de la dimensión que se va a verificar. En muchos casos esta solución posible no es aplicable por razones de insuficiente espacio disponible. Además, una solución de este tipo no es realmente flexible porque no permite llevar 50 a cabo verificaciones de diferentes herramientas -por ejemplo, herramientas montadas en posiciones diferentes sobre la misma torreta- el perfil significativo de las cuales, esto es el perfil, que incluye el filo que se va a verificar, descansa en planos diferentes. Por lo tanto, es necesario añadir complejidad al sistema previendo la posibilidad de desplazar el haz perpendicularmente a los planos de los perfiles o viceversa e identificar la posición correcta realizando un rastreo adicional en dicha dirección.

55 Adicionalmente, las verificaciones que permite realizar la solución descrita en la patente Nº US-A-3749500 están limitadas a una única dirección a lo largo del plano del perfil significativo, esto es perpendicular al haz de luz. Esto significa impedir, a menos que se disponga de una pluralidad de haces de luz de otros modos, las verificaciones de herramientas con filos que incluyan -como ocurre a menudo-áreas de trabajo conceptualmente puntiformes con 60 diferentes orientaciones a lo largo del plano del perfil significativo.

Por lo tanto, se prefiere recurrir a una disposición diferente del aparato optoelectrónico, en la cual el haz de luz descansa en una dirección transversal (más particularmente, una dirección perpendicular) al plano del perfil de la herramienta.

65 La figura 1 muestra esquemáticamente una vista en sección transversal a lo largo del plano X-Z de una pieza mecánica U que incluye un punto extremo C, a lo largo de la dirección X, la posición de la cual se va a verificar a lo largo de la misma dirección X (dirección de verificación). La figura 1 también muestra la vista en sección transversal

a lo largo del mismo plano X-Z de un haz de luz R dispuesto a lo largo de una dirección Y perpendicular al plano X-Z. La pieza mecánica U representa esquemáticamente, por ejemplo, una herramienta montada en la torreta de un torno que incluye, en una posición a lo largo del plano X-Z no conocida *a priori*, un filo C, la posición del cual se va a localizar a lo largo de la dirección X.

- 5 Un procedimiento de realizar la verificación prevé la identificación de la tendencia del perfil B -no conocida *a priori*- de la pieza U a lo largo del plano transversal, mediante un rastreo de puntos del perfil. Si la herramienta que se va a verificar está colocada en la torreta de un torno, el rastreo se realiza, por ejemplo, desplazando la torreta a lo largo de las direcciones X y Z de acuerdo con secuencias de un tipo conocido, detectando las interrupciones del haz de luz 10 R en una pluralidad de puntos del perfil B y realizando los procesamientos, también de tipo conocido, que incluyen, por ejemplo, interpolaciones para localizar puntos del perfil B que no "han entrado en contacto" con el haz R.

Este procedimiento conocido puede dar problemas de fiabilidad ligados al intervalo de rastreo seleccionado, el tipo de rastreo (mayor o menor número de puntos que se van a verificar y por consiguiente mayor o menor tiempo implicado) y los procesamientos consiguientes necesarios. De hecho, una detección imprecisa o incompleta del perfil 15 puede causar -en el ejemplo anteriormente mencionado- la identificación perdida del punto C de máxima extensión en la dirección X, la posición del cual se tiene que verificar.

20 En cualquier caso, el procedimiento conocido consume tiempo e implica procesamientos complejos.

Descripción de la invención

Un objeto de la presente invención es proporcionar un procedimiento y un sistema para la verificación de la posición 25 de una herramienta, más específicamente el filo de una herramienta el perfil de la cual no es conocido *a priori*, que sea simple y fiable, superando las desventajas que presentan los sistemas y los procedimientos conocidos.

Este y otros objetos y ventajas se consiguen mediante el procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 11 y mediante un sistema de acuerdo con la reivindicación 13.

- 30 Entre las ventajas que proporciona el procedimiento de acuerdo con la presente invención y el sistema asociado, están la remarcable rapidez de verificaciones fiables y la posibilidad de identificar -por medio del mismo aparato y de un modo extremadamente simple y rápido- la posición de las áreas de trabajo de la herramienta, es decir, los puntos del filo orientados para realizar los mecanizados a lo largo de diferentes direcciones.

Breve descripción de los dibujos

La invención se describirá ahora con referencia a las hojas adjuntas de dibujos, proporcionados a título de ejemplo no limitativo, en los que:

- 40 La figura 1 es una representación esquemática y parcial de una pieza mecánica que se va a verificar por medio de un procedimiento de acuerdo con la invención;

la figura 2 muestra de una forma simplificada una aplicación en una máquina-herramienta que implanta un sistema de acuerdo con la invención;

- 45 la figura 3 es una vista a mayor escala y parcial de una herramienta de la máquina-herramienta de la figura 2, a lo largo de la dirección Y en la figura 2;

- la figura 4 muestra un diagrama de bloques que representa los diversos pasos de un procedimiento de acuerdo con 50 la invención; y

la figura 5 es una vista adicionalmente a mayor escala y parcial de la herramienta representada en la figura 3, incluyendo una representación gráfica de una secuencia de los desplazamientos en un procedimiento de verificación de acuerdo con invención.

Mejor modo de llevar a cabo la invención

La figura 2 ilustra, de una forma muy esquemática, un sistema de verificación que incluye un aparato optoelectrónico 60 1 en el transcurso de la verificación de una pieza mecánica 2, más específicamente una herramienta colocada en una torreta 3 de un torno 4 al cual está acoplado el aparato 1. Típicamente, la torreta 3 transporta otras herramientas, no mostradas en la representación esquemática de la figura 1. El aparato 1 incluye un emisor 6, es decir, un dispositivo para la generación de un haz de luz 7, por ejemplo un rayo láser, a lo largo de una trayectoria transversal substancialmente paralela a la dirección Y y un receptor 8, es decir, un sensor, dispuesto a lo largo de dicha trayectoria, que detecta la recepción correcta del haz de luz 7 o la ausencia de recepción de la luz debido a la interrupción del haz 65 7. Una unidad de procesamiento 9 está eléctricamente conectada al emisor 6 y al receptor 8. El sistema incluye una unidad de control 10, conectada a la unidad de procesamiento 9, para controlar de un modo conocido, por medio de la activación adecuada de dispositivos también conocidos y no ilustrados en la figura, los movimientos de mecanización del torno 4 en el plano X-Z de la torreta 3 que transporta la herramienta 2. Con fines de simplificar y por la razón de

ES 2 280 997 T3

que sobrepasa el objeto de la presente invención, no se ilustra un husillo de un tipo conocido que sostiene una pieza que se va a verificar dispuesta, por ejemplo, en la dirección Y.

- El contorno de la superficie o el perfil de la herramienta 2 en el plano X-Z se representa a mayor escala en la figura 3, en donde un área de verificación 13 de la posición de la herramienta 2 está delimitada por un primer intervalo lineal X1 y un segundo intervalo lineal Z1. El primer intervalo lineal X1 y el segundo intervalo lineal Z1 a lo largo de la dirección de verificación X y una dirección de inspección Z, respectivamente, están definidos sobre la base de las dimensiones nominales aproximadamente conocidas de la herramienta 2 y delimitan las posiciones mutuas que pueden adoptar la herramienta 2 y el haz de luz 7 en el transcurso de la verificación, como se describe a continuación.
- La disposición correcta y las dimensiones del área 13 están definidas en una fase inicial del ciclo de verificación, como también se describirá a continuación.

Los bloques del diagrama de la figura 4 se refieren a un proceso para la verificación de la posición de un área de trabajo 11 de la herramienta 2 a lo largo de la dirección X. De un modo totalmente análogo y simétrico -no descrito a continuación - se implanta la verificación de la posición de un área de trabajo 12 de la herramienta 2 a lo largo de la dirección Z. Los diversos pasos del proceso y los movimientos mutuos entre la herramienta 2 y el haz de luz 7 se pueden verificar, por ejemplo, mediante la unidad de control 10.

El significado de los bloques representados en la figura 4 se describe brevemente a continuación.

20 Bloque 18 - arranque del ciclo de verificación;

bloque 19 - adquisición, por ejemplo por medio de la unidad de control 10 del torno 4, de los datos relativos al valor de la tolerancia W y de las dimensiones nominales aproximadas de la herramienta 2 y el consiguiente ajuste del 25 área de verificación 13;

bloque 20 - desplazamientos entre la herramienta 2 y el haz 7 para llevar al último a un primer vértice previamente determinado 14 del perímetro del área de verificación 13;

30 bloque 21 - comprobación de la interrupción o la ausencia de interrupción del haz 7 en el vértice 14;

bloque 22 - modificaciones del área de verificación 13 y de la disposición mutua de la herramienta 2 y el haz 7;

bloque 23 - desplazamientos entre la herramienta 2 y el haz 7 a lo largo del perímetro del área de verificación 13 35 empezando a partir de un vértice (14, 15, 16);

bloque 24 - comprobación relativa a si se ha alcanzado el vértice subsiguiente (15, 16, 17);

bloque 25 - comprobación de la interrupción del haz 7;

40 bloques 26 y 27 - comprobaciones para la determinación de si el desplazamiento en progreso es el último previsto (entre los vértices 16 y 17);

bloque 28 - ajuste inicial de los parámetros del proceso, es decir, el indicador T0 del resultado de la verificación in-45 mediadamente anterior, el indicador V del sentido del siguiente desplazamiento a lo largo de la dirección de verificación X, cantidad D del siguiente desplazamiento, además del valor de un factor de reducción FR de los desplazamientos subsiguientes a lo largo de la dirección de verificación X;

50 bloque 29 - desplazamientos entre la herramienta 2 y el haz de luz 7 para llevar el haz 7 a una posición de inspección determinada Pi; este desplazamiento incluye una componente a lo largo de la dirección de verificación X de una cantidad D en el sentido V;

bloque 30 - movimientos de inspección lineal entre la herramienta 2 y el haz 7 a lo largo de la segunda dirección Z en el intervalo lineal Z1;

55 bloque 31 - comprobación para la determinación de si se ha completado el movimiento de inspección en todo el intervalo lineal Z1;

bloque 32 - comprobación para la determinación de la interrupción del haz 7 en el transcurso del movimiento de inspección;

bloque 33 - indicación de la ausencia de interrupción del haz 7 en el transcurso del movimiento de inspección (T=0);

65 bloque 34 - indicación de la interrupción del haz 7 en el transcurso del movimiento de inspección (T=1);

bloque 35 - comparación entre los valores de los indicadores T y T0;

ES 2 280 997 T3

bloque 36 - confirmación del sentido V del siguiente desplazamiento a lo largo de la dirección de verificación X;

5 bloque 37 - comprobación para la determinación del final de una fase de búsqueda sobre la base de una comparación entre el valor de la tolerancia W y la distancia D entre posiciones mutuas recientes entre el haz 7 y la herramienta 2 en la dirección X;

bloque 38 - inversión del sentido V del siguiente desplazamiento a lo largo de la dirección de verificación X;

10 bloque 39 - actualización de algunos parámetros ($T_0 \leftarrow T$; $D \leftarrow D/FR$);

bloque 40 - comparación entre la posición de inspección PN del haz 7 en la dirección de verificación X al final de la fase de búsqueda y una posición correspondiente definida en una fase de calibración;

15 bloque 41 - fin del ciclo de verificación.

15 La verificación de la posición del área de trabajo 11 de la herramienta 2 a lo largo de la dirección X siguiendo el proceso de la figura 4, que representa una posible forma de realización de un procedimiento de acuerdo con la presente invención, ocurre del modo siguiente.

20 Primero (bloque 19), dependiendo de los valores de las dimensiones nominales aproximadas de la herramienta 2 y de la disposición conocida de la herramienta 2 en la torreta 3 con respecto al sistema de referencia de la máquina-herramienta, se definen el primer intervalo lineal X1 y el segundo intervalo lineal Z1 que localizan el área de verificación 13 dentro de la cual están limitados los desplazamientos de verificación entre la herramienta 2 y el haz 7.

25 Entonces sigue una fase de verificación preliminar para la verificación de si los intervalos lineales establecidos (X1 y Z1) permiten la realización correcta de la verificación. A fin de hacer esto, la herramienta 2 y el haz 7 se desplazan una con respecto al otro (bloque 20) a fin de llevar al último a un vértice 14 del rectángulo que delimita el área 13. Si se observa la interrupción del haz 7 (bloque 21) en el vértice 14, esto significa que el área de verificación 13 no ha sido seleccionada correctamente. Como consecuencia, la fase preliminar se interrumpe, los desplazamientos de la herramienta 2 se controlan para llevar el haz 7 a una posición definitivamente en el exterior del área 13 y se establecen nuevos intervalos lineales X1 y Z1 (bloque 22). Si no se observa la interrupción del haz 7, los desplazamientos lineales mutuos (bloque 23) se controlan en secuencia para llevar el haz 7 desde un vértice (14, 15, 16) hacia el subsiguiente (15, 16, 17) a lo largo de los lados del rectángulo que delimita el área 13. En cada desplazamiento se verifica si ha sido alcanzado el vértice subsiguiente (bloque 24). La fase preliminar se interrumpe y los límites del área de verificación 13 se vuelven a ajustar (bloque 22) siempre que ocurran anomalías. Las anomalías están señalizadas por interrupciones del haz 7 en el transcurso de los desplazamientos hacia los vértices 15 y 16 (bloques 25 y 27) o, en el último desplazamiento previsto -es decir, un movimiento de inspección en la dirección Z empezando a partir del vértice 16- por la ausencia de interrupción del haz 7 y porque se alcanza el vértice 17 (bloques 24 y 26). La fase de verificación preliminar por otra parte termina positivamente cuando el haz 7 es interrumpido correctamente en el transcurso del movimiento de inspección que empieza a partir del vértice 16 (bloque 27).

Entonces se establecen los valores iniciales o absolutos de algunos parámetros utilizados en la fase de verificación real subsiguiente (bloque 28). Los parámetros se describen brevemente a continuación.

45 T_0 : indica el resultado de la inspección inmediatamente anterior con respecto a la que está en progreso, es decir, indica si, en el transcurso del movimiento de inspección anterior entre la herramienta 2 y el haz 7 (a la que se refiere la siguiente explicación) ha ocurrido ($T_0=1$) o no ha ocurrido ($T_0=0$) la interrupción del último. Primero se establece T_0 , por ejemplo, al valor 1, también sobre la base de la conclusión de la fase de verificación.

50 V: indica el sentido del siguiente desplazamiento mutuo entre la herramienta 2 y el haz 7 (al que se refiere la siguiente explicación) en la medida en que concierne al componente de la dirección de verificación X. Con referencia a la figura 3, $V=1$ y $V=0$ indican, por ejemplo, desplazamientos hacia la derecha y hacia la izquierda, respectivamente. Primero se establece V, por ejemplo, al valor 1.

55 D: es la cantidad del desplazamiento a lo largo de la dirección X a la cual se refiere V. Primero se establece D, por ejemplo, a un valor que corresponde a la longitud del intervalo X1 reducido por el factor de reducción FR (descrito a continuación).

60 FR: es el factor de reducción relativo a cada desplazamiento en la dirección X que sigue en la secuencia de verificación. En general, es un valor fijo. En el ejemplo descrito aquí $FR=2$, es decir, la cantidad del desplazamiento a lo largo de X se divide por dos cada vez con respecto al desplazamiento anterior a lo largo de la misma dirección X.

65 La fase de búsqueda de la posición del área de trabajo 11 de la herramienta 2 prevé una secuencia de desplazamientos de verificación entre la herramienta 2 y el haz 7 empezando a partir de la posición adoptada al final de la fase preliminar en la cual el haz 7 está en un punto en el lado definido por los vértices 16 y 17 que delimitan el primer intervalo lineal X1. Hay que observar que, en la presente descripción, la fase de búsqueda se distingue de la fase preliminar descrita antes con referencia a los bloques 20-27 para describir más claramente un procedimiento de acuerdo con la invención. La fase de búsqueda realmente sigue a la fase preliminar con una continuidad sustancial.

Un desplazamiento (bloque 29) entre la herramienta 2 y el haz 7 hacia una posición mutua determinada se controla de forma que el haz 7 se desplace hasta una posición de inspección determinada P_1 en el lado inferior (con referencia a la disposición representada en la figura 3) del área de verificación 13, a una distancia a lo largo del eje X determinada sobre la base de los parámetros V y D. Más específicamente, el sentido V y la cantidad D del primer desplazamiento en la dirección X con respecto al vértice 16 son aquellos establecidos anteriormente ($V=1$; $D=X_1/FR=X_1/2$).

En la posición de inspección P_1 en el intervalo X_1 , un movimiento de inspección lineal está controlado (bloque 30) a lo largo de la dirección Z y se interrumpe cuando ocurre uno de los siguientes casos (i) se alcanza el lado opuesto del área de verificación 13 cuando el haz 7 se ha desplazado, en el movimiento lineal, el intervalo completo Z_1 (bloque 31); o (ii) se interrumpe el haz 7 señalado por el aparato optoelectrónico 1 (bloque 32). El caso por lo que respecta a que ha ocurrido la interrupción ($T=1$, bloque 34) o la ausencia de interrupción ($T=0$, bloque 33) del haz 7 se compara (bloque 35) con el caso correspondiente que ha ocurrido en la inspección inmediatamente anterior, indicada mediante el parámetro T_0 y, dependiendo de si el caso ha ocurrido o no repetidamente, el sentido en el cual ocurrirá el subsiguiente desplazamiento a lo largo de la dirección X se mantiene ($V \leftarrow V$, bloque 36) o se invierte ($V \leftarrow \text{inv}V$, bloque 38), respectivamente.

Los valores de algunos parámetros se actualizan ($T_0 \leftarrow T$, $D \leftarrow D/FR=X_1/4$, bloque 39) y la secuencia de verificación se repite empezando a partir de un desplazamiento nuevo (bloque 29) entre la herramienta 2 y el haz 7 hacia una posición mutua determinada nueva, de tal modo que el haz 7 se desplaza a una posición de inspección nueva P_1 en el lado inferior del área de verificación 13, a una distancia de la posición de inspección anterior establecida sobre la base de los valores de los parámetros V y D. Un nuevo movimiento de inspección lineal (bloque 30) a lo largo de la dirección Z se controla en la posición de inspección nueva P_1 en el intervalo X_1 .

La secuencia de los desplazamientos de verificación termina cuando, después de haber verificado que $T \neq T_0$ (bloque 35), la distancia D entre la posición actual y la anterior del haz 7 en el intervalo X_1 , más específicamente la posición inmediatamente anterior, es inferior que el valor de la tolerancia previamente fijada W (bloque 37).

La posición de inspección final PN adoptada por el haz de luz 7 en el intervalo lineal X_1 al final de la secuencia de los desplazamientos de verificación se compara con la posición correspondiente detectada en una fase de calibración anterior en una pieza patrón para determinar la posición del área de trabajo 11 de la herramienta 2 que se va a verificar (bloque 41). La calibración se realiza de un modo conocido para correlacionar la posición absoluta de los ejes de la máquina del torno 4 con los del área 11 que se va a verificar en un sistema de referencia adecuado. Si es conocida la posición de la pieza patrón con respecto a los ejes de la máquina, se puede realizar un proceso de calibración posible, no descrito detalladamente aquí con el fin de simplificar, sobre la pieza patrón de un modo sustancialmente idéntico con respecto al descrito con referencia a los bloques 19-39 del diagrama representado en la figura 4.

Entonces, a partir de la posición del área de trabajo 11 y sabiendo, como se ha mencionado anteriormente, la disposición de la herramienta 2 en la torreta 3 con respecto al sistema de referencia de la máquina-herramienta, se pueden determinar las dimensiones de la herramienta 2 en la dirección de verificación X.

En la figura 5 el área de verificación 13 está adicionalmente a mayor escala y se representan los movimientos de inspección lineal a lo largo de dirección Z (con líneas continuas) y los desplazamientos con la componente en la dirección X (con líneas de trazos). En el ejemplo ilustrado en la figura 5, se supone que el valor de la tolerancia W es igual a un décimo de la amplitud del intervalo X_1 ($X_1/10$). Este valor se ha escogido sólo con fines de simplificar la explicación del ciclo, y es definitivamente mayor que un valor de tolerancia real. Adicionalmente, también con el fin de simplificar la explicación, se informan los movimientos del haz de luz 7 en el área de verificación 13, mientras en las aplicaciones reales el haz 7 está generalmente estacionario con respecto a la bancada de la máquina-herramienta 4 (figura 2) y la torreta 3, que transporta la herramienta 2 (a la cual está asociada el área 13), realiza los movimientos en el plano X-Z. Esto corresponde con la esencia del procedimiento que incluye, de acuerdo con la invención, movimientos mutuos entre la herramienta 2 y el haz 7.

Con referencia a la figura 5 y a la orientación representada en la misma, al final de la fase preliminar para la verificación del área de verificación 13 (bloques 25 y 27), el haz 7 interfiere con la herramienta 2 en el lado entre los vértices 16 y 17 que delimitan el intervalo lineal X_1 . El haz 7 es llevado de vuelta al lado inferior del área de verificación 13 desplazado hacia la derecha con respecto al vértices 16 ($V=1$, bloque 28) la cantidad $D=X_1/2$ hasta la posición de inspección P_1 (bloque 29) en donde se controla un movimiento de inspección hacia arriba en la dirección Z (bloque 30). Puesto que se detecta otra vez la interrupción del haz 7, tiene lugar un desplazamiento nuevo hacia abajo y, en el intervalo X_1 , hacia la derecha en una cantidad que es la mitad con respecto a la anterior ($D=X_1/4$), hasta la posición de inspección P_2 . El siguiente movimiento de inspección en P_2 causa un caso diferente, esto es, el alcance de un punto P_2' en el extremo opuesto del intervalo Z_1 , en el lado superior del área de verificación 13 (bloques 31, 33). Puesto que $T(=0) \neq T_0(=1)$ (bloque 35), el sentido del desplazamiento a lo largo de X se invierte ($V \leftarrow \text{inv}V = 0$, bloque 38) y el haz 7 es llevado de vuelta al lado inferior del área de verificación 13 desplazado hacia la izquierda con respecto a P_2 la cantidad $D = (X_1/4)/2 = X_1/8$ hasta la posición de inspección P_3 . En el movimiento de inspección subsiguiente en P_3 , el caso cambia otra vez (interrupción del haz 7) y por lo tanto el sentido V del desplazamiento subsiguiente cambia otra vez ($V \leftarrow \text{inv}V = 1$, bloque 38) en el lado inferior del área 13 y hacia la derecha, hasta la posición de inspección P_4 que está distante de P_3 en la dirección de verificación X la cantidad $D = (X_1/8)/2 = X_1/16$. Un movimiento de inspección nuevo termina cuando el haz 7 alcanza el lado superior del área de verificación 13, en el punto P_4' (bloques 31, 33). Puesto que $T \neq T_0$ (bloque 35) y $D < W$ ($X_1/16 < X_1/10$, bloque 37), termina la secuencia

ES 2 280 997 T3

de los desplazamientos de verificación y se determina la posición del área de trabajo 11 (bloque 41) sobre la base de la posición de inspección final PN = P4 en el intervalo lineal X1.

- El ejemplo ilustrado muestra claramente cómo se encuentra la posición del área de trabajo 11 por medio de una serie limitada de rastreos en la dirección de inspección transversal Z en las posiciones de inspección a lo largo de la dirección de verificación X a distancias D progresivamente decrecientes unas con respecto a las otras en una secuencia que converge hacia la posición buscada. Como ya se ha mencionado en el ejemplo ilustrado con referencia a la figura 5, el valor de la tolerancia W ha sido escogido de un orden de magnitud diferente con respecto a lo que se requiere normalmente y los desplazamientos a lo largo de la dirección de verificación X, requeridos para completar el ciclo de verificación, se limitan a cuatro. En cualquier caso el ejemplo demuestra claramente lo rápidamente que la secuencia de posiciones de inspección Pi a lo largo de la dirección de verificación X converge hacia la posición buscada PN. En un ejemplo real, en el que el intervalo X1 es de unos pocos milímetros y el valor de la tolerancia W es de unas pocas micras, los movimientos de inspección necesarios generalmente son iguales o ligeramente superiores a diez.
- El proceso descrito representa sólo un ejemplo de un procedimiento de verificación de acuerdo con la invención que prevé muchas variantes posibles. Por ejemplo, la secuencia de los desplazamientos de verificación puede empezar a partir de una posición mutua que difiere de la descrita (esto es, determinada en la fase de verificación preliminar), en caso de que, por ejemplo, la fase de verificación sea innecesaria o se realice en otro momento en el tiempo. Además, la secuencia de los desplazamientos de verificación se puede parar sobre la base del resultado de una prueba diferente, por ejemplo la comparación de la tolerancia establecida W no con la distancia D entre las dos últimas posiciones de inspección consecutivas Pi en las cuales han ocurrido casos opuestos, sino con la distancia entre la posición de inspección actual Pi y la última posición de inspección Pi en la cual ha ocurrido el caso opuesto al actual, sin tener en cuenta la comparación entre los casos relativos a las dos últimas posiciones de inspección consecutivas Pi.
- Otras variantes pueden contemplar la implantación de los desplazamientos. Sólo como un ejemplo, se citan tres posibles aspectos que difieren con respecto a lo que ha sido descrito ilustrado hasta ahora.
- Se puede escoger un factor de reducción FR distinto de 2, por ejemplo puede ser 3, o se puede suponer un valor que varíe en el transcurso del ciclo de verificación, para tener en cuenta la secuencia de los casos que van a tener lugar.
 - Sin embargo, el factor de reducción FR se escoge de tal modo que la sucesión de las posiciones de inspección Pi en la dirección de verificación X converge a la posición del área de trabajo, la posición de la cual se tiene que verificar.
- Las posiciones de inspección Pi en el intervalo X1 pueden estar en el lado superior (de acuerdo con la disposición representada en las figuras) del área de verificación 13, o alternativamente en el lado inferior y en el lado superior. Esta última solución se puede aplicar ventajosamente, por ejemplo, además de que ocurra el caso de acuerdo con el cual no se detecta la interrupción del haz 7. En este caso, en el ejemplo de la figura 5, el haz 7 está desplazado del punto P2' a un punto más próximo P3' en el lado superior del área 13 que corresponde, en el intervalo X1, a la posición de inspección P3, mientras ocurre el movimiento de inspección lineal subsiguiente en la dirección Z (bloque 30), como consecuencia, hacia abajo.
- Los desplazamientos que siguen a los movimientos de inspección ocurren, en el ejemplo representado en la figura 5, con movimientos interpolados que incluyen componentes a lo largo de ambas direcciones X y Z ("movimientos en dientes de sierra"). Evidentemente ésta no es la única solución posible y los desplazamientos pueden ocurrir en dos fases distintas (por ejemplo: volver al lado del área de verificación mediante un movimiento a lo largo de Z, seguido por un movimiento lineal a lo largo de X hasta la posición de inspección Pi).
- Como se ha descrito anteriormente, la descripción y las figuras se refieren a la verificación de la posición a lo largo del eje X. Siguiendo un proceso idéntico, es posible verificar posiciones de áreas de trabajo a lo largo de la dirección Z (área 12 en la figura 3) o a lo largo de otras direcciones transversales al plano X-Z.
- Esto es particularmente ventajoso ya que permite llevar a cabo una verificación completa de los filos de las herramientas para verificar puntos asociados, o bien áreas de trabajo, orientados en diferentes direcciones. En el ejemplo representado de forma simplificada en la figura 3, ambas áreas de trabajo 11 y 12 pueden ser, por ejemplo, verificadas en secuencia simple y rápidamente.
- Un procedimiento de acuerdo con la invención permite la verificación de diferentes tipos de herramientas en distintas aplicaciones y en piezas mecánicas generales de diversos tipos (por ejemplo, piezas de trabajo antes o después del mecanizado).

60

65

REIVINDICACIONES

5 1. Procedimiento para verificar la posición de una pieza mecánica (2) a lo largo de por lo menos una dirección de verificación (X) por medio de un aparato (1) que incluye un dispositivo (6) para la generación de un haz de luz (7) a lo largo de una trayectoria (Y) transversal a dicha dirección de verificación (X), un sensor (8) para detectar la interrupción del haz de luz (7) y dispositivos (3) para causar desplazamientos mutuos entre la pieza mecánica (2) y el haz de luz (7) a lo largo de dicha dirección de verificación (X) y a lo largo de una dirección de inspección (Z) transversal a la dirección de verificación (X), el procedimiento estando **caracterizado** por los pasos siguientes:

10 - identificación (19) de un primer intervalo lineal (X1) y un segundo intervalo lineal (Z1) de las posiciones mutuas entre la pieza mecánica (2) y el haz de luz (7) a lo largo de la dirección de verificación (X) y, respectivamente, la dirección de inspección (Z), dicho primer intervalo lineal (X1) y dicho segundo intervalo lineal (Z1) definiendo un área de verificación (13) de la pieza mecánica (2),

15 - control de una secuencia de desplazamientos de verificación entre la pieza mecánica (2) y el haz de luz (7), incluyendo

20 - desplazamientos (29) para llevar el haz de luz (7) a posiciones de inspección (Pi; P1-P4) del primer intervalo lineal (X1), y

- en dichas posiciones de inspección (Pi; P1-P4), movimientos de inspección lineal (30) a lo largo de dicha dirección de inspección (Z),

25 - detección (31-34) de la interrupción o de la ausencia de interrupción del haz de luz (7) en el transcurso de dichos movimientos de inspección lineal a lo largo de la dirección de inspección (Z) y por consiguiente la selección (35, 36, 38) de las subsiguientes de dichas posiciones de inspección (Pi; P1-P4) del primer intervalo lineal (X1) en el cual están controlados los subsiguientes movimientos de inspección lineal,

30 - paro (37) de la secuencia de los desplazamientos de verificación en una posición de inspección final (PN) del haz de luz (7) en el primer intervalo lineal (X1) que descansa a una distancia (D) inferior a un valor previamente establecido (W) desde una posición de inspección anterior (Pi; P1-P4), en donde, en el transcurso de los movimientos de inspección lineal en dicha posición de inspección final (PN) y dicha posición de inspección anterior (Pi; P1-P4) en el primer intervalo lineal (X1), han sido detectadas, respectivamente, la interrupción (32, 34) y la ausencia de interrupción (31, 33) del haz de luz (7), o viceversa, y

35 - identificación (41) de la posición de la pieza mecánica (2) a lo largo de la dirección de verificación (X) sobre la base de dicha posición de inspección final (PN).

40 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 en el que dichas posiciones de inspección (Pi; P1-P4) del primer intervalo lineal (X1) se seleccionan a distancias (D) que decrecen progresivamente con respecto a la anterior de acuerdo con una secuencia convergente.

45 3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2 en el que dichas posiciones de inspección (Pi; P1-P4) del primer intervalo lineal (X1) se seleccionan a distancias (D) que progresivamente son la mitad de la anterior.

50 4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2 o la reivindicación 3 en el que dichos desplazamientos (29) para llevar el haz de luz (7) a las posiciones de inspección (Pi; P1-P4) del primer intervalo lineal (X1) están controlados en un sentido (V) o en el sentido opuesto a lo largo de dicha dirección de verificación (X) como consecuencia (35) de la detección de la interrupción (32, 34) o la ausencia de interrupción (31, 33) del haz de luz (7) en el transcurso de los movimientos de inspección lineal en las dos posiciones de inspección más recientes (Pi; P1-P4).

55 5. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores incluyendo una fase de verificación preliminar de dicha área de verificación (13) con desplazamientos entre el haz de luz (7) y la pieza mecánica (2) entre puntos previamente determinados (14, 15, 16, 17) del área de verificación (13).

60 6. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5 en el que dicha fase de verificación preliminar incluye por lo menos uno de dichos movimientos de inspección lineal a lo largo de la dirección de inspección (Z).

65 7. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que dichos movimientos de inspección lineal a lo largo de dicha dirección de inspección (Z) se interrumpen enseguida que se detecta (32) la interrupción del haz de luz (7).

8. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que la trayectoria (Y) de dicho haz de luz (7) y dicha área de verificación (13) son sustancialmente perpendiculares.

ES 2 280 997 T3

9. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que el paso del paro (37) de la secuencia de los desplazamientos de verificación, dicha posición de inspección anterior (Pi; P1-P4) es la posición inmediatamente anterior con respecto al punto de inspección final (PN).
- 5 10. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que dicho haz de luz es un rayo láser (7).
11. Procedimiento para verificar la posición de una pieza mecánica (2) a lo largo de por lo menos una dirección de verificación (X) por medio de un aparato (1) que incluye un dispositivo (6) para la generación de un haz de luz (7) a lo largo de una trayectoria (Y) transversal a dicha dirección de verificación (X), un sensor (8) para detectar la interrupción del haz de luz (7) y dispositivos (3) para causar desplazamientos mutuos entre la pieza mecánica (2) y el haz de luz (7) a lo largo de dicha dirección de verificación (X) y a lo largo de una dirección de inspección (Z) transversal a dicha dirección de verificación (X), el procedimiento estando **caracterizado** por los pasos siguientes:
- 15 - identificación (19) de un primer intervalo lineal (X1) y un segundo intervalo lineal (Z1) de las posiciones mutuas entre la pieza mecánica (2) y el haz de luz (7) a lo largo de la dirección de verificación (X) y, respectivamente, la dirección de inspección (Z), dicho primer intervalo lineal (X1) y dicho segundo intervalo lineal (Z1) definiendo un área de verificación (13) de la pieza mecánica (2),
- 20 - control de la siguiente secuencia de desplazamientos de verificación entre la pieza mecánica (2) y el haz de luz (7)
- (a) un movimiento de inspección lineal (30) a lo largo de dicha dirección de inspección (Z) dentro del área de verificación (13), hasta que ocurren uno de los siguientes casos:
- 25 (i) interrupción (32, 34) del haz de luz (7), o
- (ii) se cubre (31, 33) el segundo intervalo lineal entero (Z1) sin interrupciones del haz de luz (7),
- 30 (b) un desplazamiento (29) a lo largo de la dirección de verificación (X), en un sentido determinado (V), hasta una posición de inspección (Pi; P1-P4) del haz de luz (7) en dicho primer intervalo lineal (X1),
- (c) la repetición del movimiento de inspección lineal (30) a lo largo de la dirección de inspección (Z) de acuerdo con el paso (a),
- 35 (d) un nuevo desplazamiento (29) a lo largo de la dirección de verificación (X) en el sentido (V) del desplazamiento anterior, o el sentido opuesto, de acuerdo (35) con que si lo que ha ocurrido (31-34) en el caso (i) o en el caso (ii), en el movimiento de inspección lineal más reciente (30), es o no es lo mismo que ha ocurrido en el movimiento de inspección lineal anterior (30), hasta una nueva posición de inspección (Pi; P1-P4) del haz de luz (7) en dicho primer intervalo lineal (X1), a una distancia conocida (D) con respecto a la posición de inspección inmediatamente anterior (Pi; P1-P4),
- 40 (e) la repetición de los movimientos y los desplazamientos de inspección lineal, de acuerdo con los pasos (c) y (d) -con distancias que disminuye progresivamente (D) entre las nuevas posiciones de inspección (Pi; P1-P4) y las posiciones de inspección inmediatamente anteriores (Pi; P1-P4) del haz de luz (7) en dicho primer intervalo lineal (X1)- hasta que (35, 37) la distancia (D) entre la posición de inspección nueva (Pi, PN; P1-P4) y la posición de inspección anterior (Pi; P1-P4) -en la cual el movimiento de inspección lineal causa que ocurra uno de los casos (i) y (ii) y, respectivamente, el caso opuesto- es inferior a un valor previamente fijado (W), y
- 45 - identificación (41) de la posición de la pieza mecánica (2) a lo largo de la dirección de verificación (X) sobre la base de la nueva posición de inspección (PN) del haz de luz (7) en dicho primer intervalo lineal (X1) al final de la secuencia de los desplazamientos de verificación.
- 55 12. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores para la verificación de la posición de un área de trabajo (11, 12) de una herramienta (2) acoplada a la torreta (3) de una máquina-herramienta (4).
13. Sistema para la verificación de la posición de un área de trabajo (11, 12) en un plano del perfil (X-Z) de una herramienta (2) acoplada a la torreta (3) de una máquina-herramienta (4), por medio de un aparato (1) que incluye un dispositivo (6) para la generación de un haz de luz (7) a lo largo de una trayectoria (Y) transversal al plano del perfil, medios para realizar los pasos de un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 12 y una unidad de control (10) adaptada para controlar estos pasos.

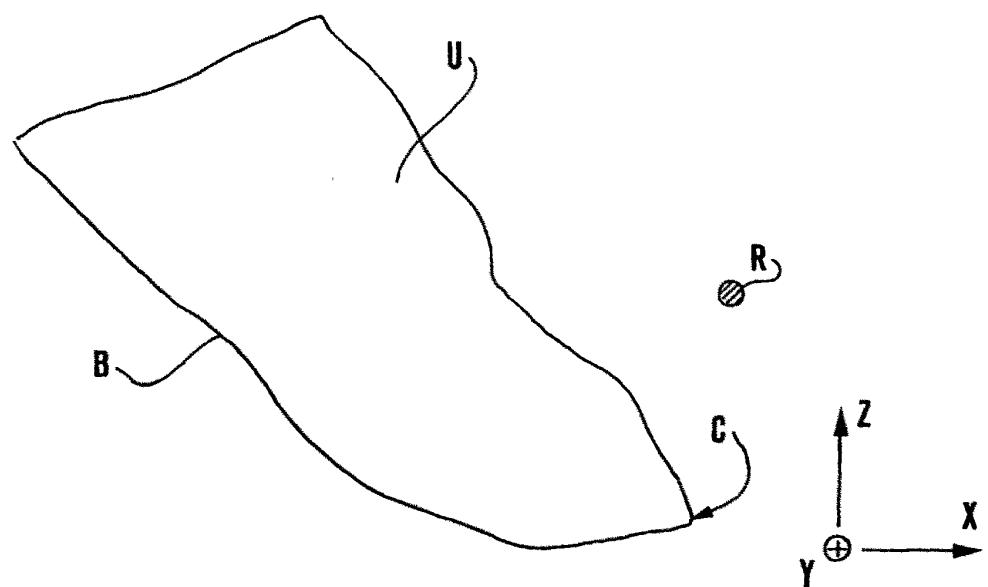


FIG. 1

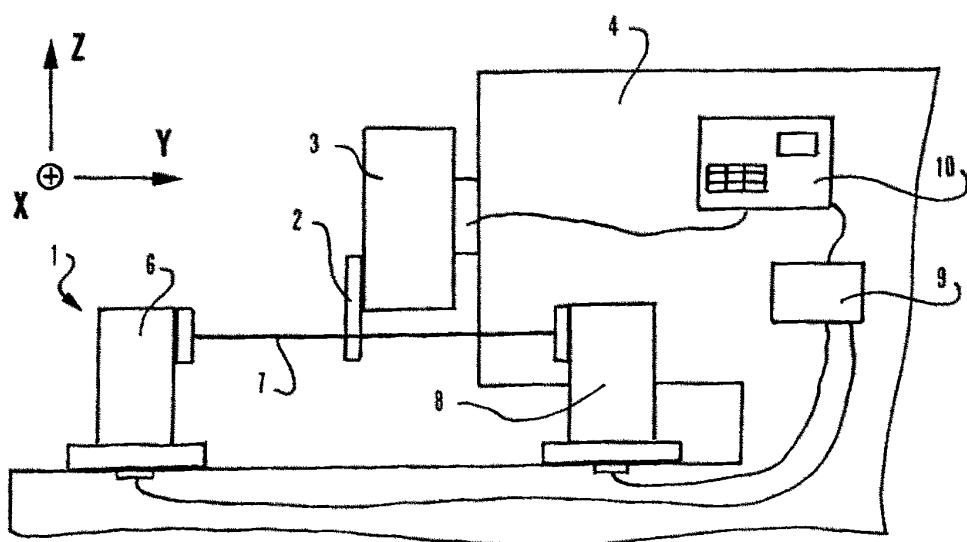
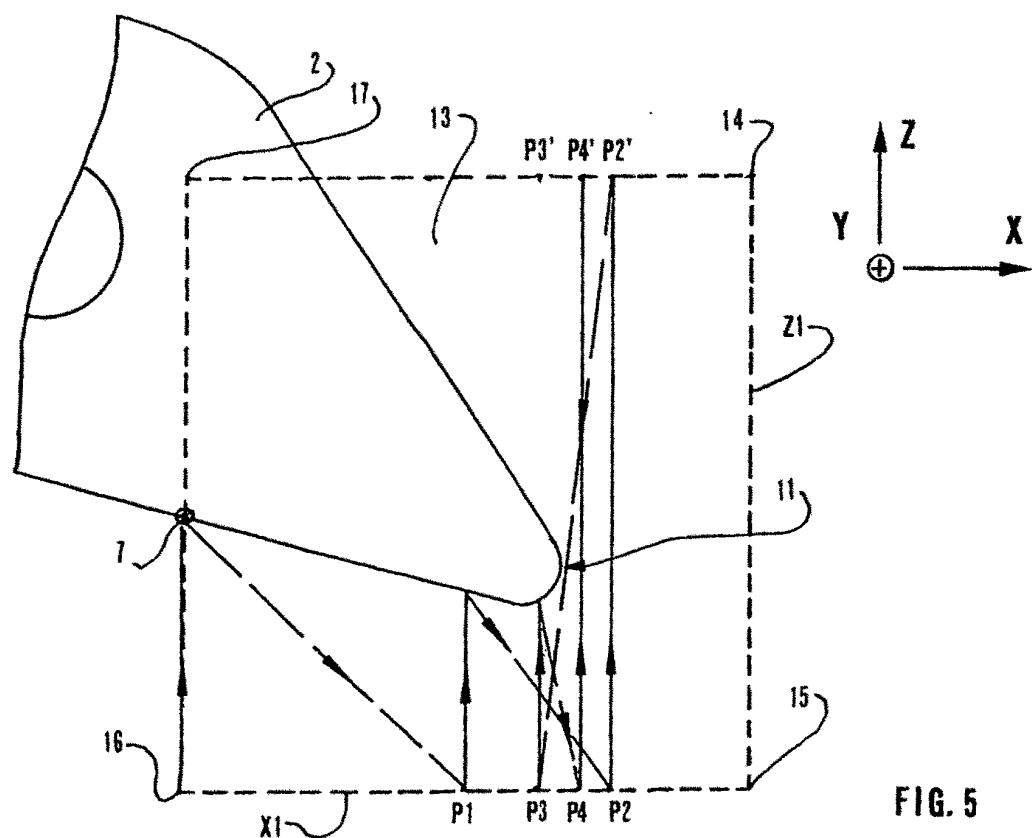
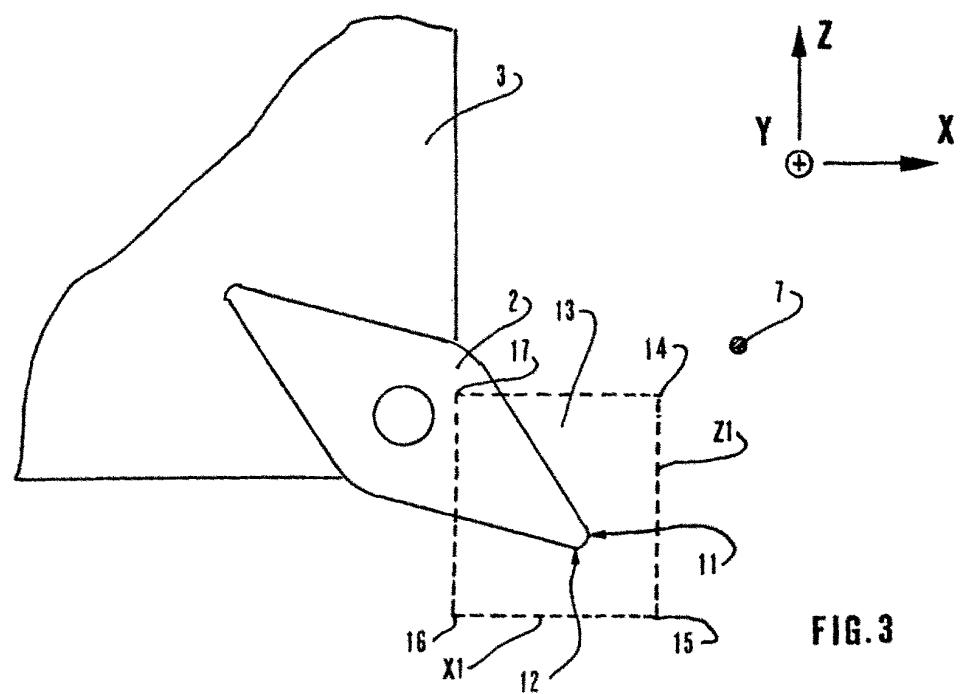


FIG. 2



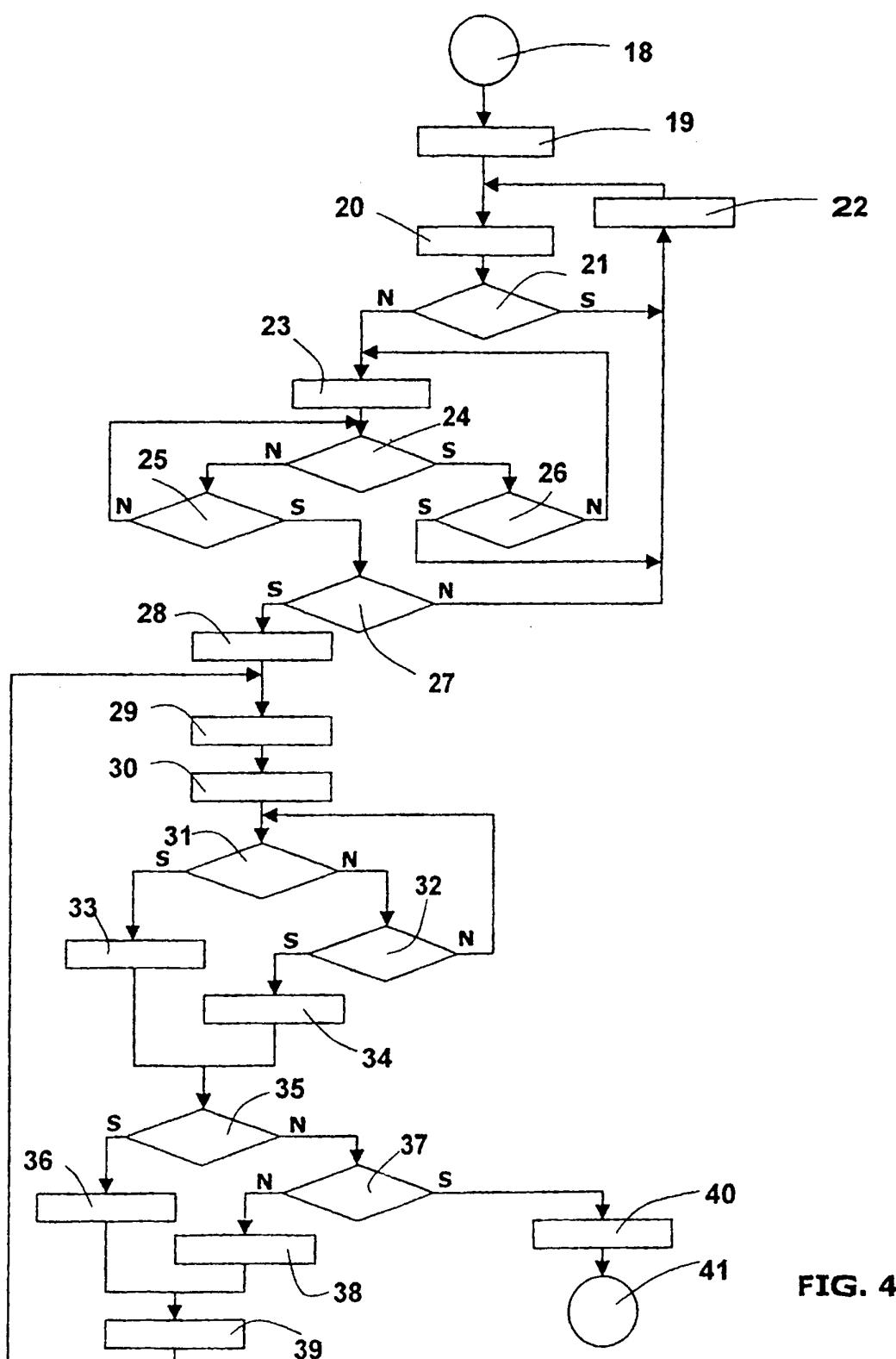


FIG. 4