

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 537 502**

21 Número de solicitud: 201331781

51 Int. Cl.:

G05B 19/4099 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN PREVIO

B2

22 Fecha de presentación:

05.12.2013

43 Fecha de publicación de la solicitud:

08.06.2015

Fecha de la concesión:

27.10.2015

45 Fecha de publicación de la concesión:

03.11.2015

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
(100.0%)**

**C/ Ramiro de Maeztu, 7
28040 Madrid (Madrid) ES**

72 Inventor/es:

**HERNÁNDEZ MATÍAS, Juan Carlos;
VIZAN IDOIBE, Antonio;
PÉREZ GARCÍA, Jesús María y
MÁRQUEZ SEVILLANO, Juan De Juanes**

54 Título: **Método de micromecanizado de superficies esculpidas con herramientas monofilas**

57 Resumen:

Método de micromecanizado de piezas esculpidas, basado en la utilización de herramientas monofilas para arranque de viruta que sigan una trayectoria tridimensional controlada por ordenador y en el que el sistema de control de la máquina sincroniza la orientación de la herramienta con sus movimientos de traslación para asegurar la interpolación entre los ejes de rotación y de traslación de manera que los ángulos de corte, los ángulos de desprendimiento, de posición y de inclinación se mantengan constantes a lo largo de cada pasada de mecanizado.

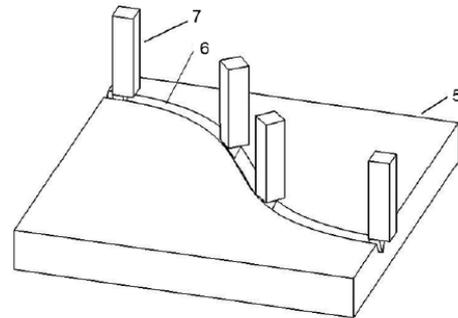


FIGURA 3

ES 2 537 502 B2

DESCRIPCIÓN

Método de micromecanizado de superficies esculpidas con herramientas monofilas

5

Sector técnico

La invención se circunscribe al campo de la tecnología mecánica relacionado con las máquinas-herramientas usadas en procesos de micromecanizado.

10 Antecedentes de la invención

En el estado actual de la técnica, el micromecanizado de piezas esculpidas se realiza en máquinas controladas por control numérico multieje en donde se utilizan, en exclusiva, herramientas multifilo que se desplazan siguiendo una trayectoria calculada por el control numérico que incorpora la máquina en base a la geometría de la pieza que se desea

15

mecanizar. El micromecanizado multieje es un proceso de micromecanizado donde herramientas controladas por un control numérico se mueven con 3 o más grados de libertad para producir piezas de metal u otros materiales con magnitudes características inferiores a 10 μm por medio de herramientas multifilo de diámetros de hasta 50 μm encargadas del arranque de material en forma de viruta. Actualmente hay una gran cantidad de sistemas de software CAM (fabricación asistida por computadora) capaces de soportar el mecanizado multieje, y por tanto, el control correcto de la trayectoria de la herramienta multifilo.

20

25

En otro ámbito de aplicación, el uso de las herramientas monofilas se ha circunscrito exclusivamente al mecanizado de piezas en máquinas tipo torno para formas de revolución, o más rara vez de tipo limadora para realizar determinadas formas planas. Las herramientas monofilas son herramientas de corte que poseen una parte cortante (o elemento productor de viruta) y un cuerpo. En el caso del torno, se hace girar la pieza a mecanizar sujeta en el cabezal mientras una o varias herramientas de corte son empujadas en un movimiento regulado de avance contra la superficie de la pieza, originando la viruta de acuerdo con unas condiciones tecnológicas de mecanizado adecuadas. En el caso de la limadora mecánica, el mecanizado de piezas se produce por arranque de viruta, mediante el movimiento lineal recto alternativo de la herramienta o movimiento de corte. La mesa que sujeta la pieza a mecanizar realiza un movimiento de avance transversal, que es intermitente para realizar

30

35

equidistantes. Asimismo, también es posible desplazar verticalmente la herramienta o la mesa, manual o automáticamente, para aumentar la profundidad de pasada. La limadora mecánica permite el mecanizado de piezas sencillas con dimensiones normalmente inferiores a 600 mm. Por su baja productividad y la limitación en cuanto a la posibilidad de realizar piezas esculpidas, la limadora es una máquina que se ha dejado de utilizar.

Actualmente, están cobrando mucha importancia los procesos de micromecanizado que permitan mecanizar piezas de precisión de pequeño tamaño. Los documentos EP2150863 A1, EP2150863 B1 o US5547135 (A) se refieren a reivindicaciones de distintos sistemas orientados al micromecanizado y en todos ellos, se utilizan herramientas multifilo y el método de control de las máquinas está relacionado con el tipo de trayectorias que son necesarias para este tipo de herramientas. En estos casos, el pequeño tamaño y magnitud de las relaciones dimensionales entre la pieza a mecanizar, la herramienta multifilo y la viruta generada hace que el acabado superficial se vea afectado muy negativamente debido a la distinta posición de la punta de cada uno de los filos según se desplaza la herramienta en su trayectoria tridimensional. Por otro lado el hecho de disponer de varios filos en la herramienta hace que constructivamente cada uno de ellos tenga dimensiones distintas y que su colocación en el husillo de lugar a desgastes mayores, se eleve el riesgo de roturas y se obtengan peores acabados.

20

Descripción de la invención

El objetivo de la invención es crear una solución nueva y conveniente, que pueda realizar de forma simple, económica y con alta calidad el micromecanizado de superficies esculpidas mediante una herramienta monofilo que se desplace en una trayectoria tridimensional.

25

El objetivo de la invención es crear una solución nueva y conveniente, que pueda realizar de forma simple, económica y con alta calidad el micromecanizado de superficies esculpidas mediante una herramienta monofilo que se desplace en una trayectoria tridimensional.

30 Este objetivo se consigue según la invención mediante un método con las características de la reivindicación 1. En las reivindicaciones secundarias aparecen particularizaciones de este.

Se propone un método de micromecanizado de superficies esculpidas, denominado microlimado. El método parte de la utilización de herramientas monofilo con movimiento lineal que sigan una trayectoria tridimensional controlada por un sistema de control

35

programable para poder generar cualquier superficie compleja mediante arranque de viruta de sección micrométrica.

El método propuesto comprende las siguientes fases:

- 5 a) A partir de la superficie final que se desea obtener se determinan las trayectorias sucesivas que debe realizar la punta de la herramienta monofilo, que irán conformando las pasadas de la herramienta en las condiciones de micromecanizado comprendidas en un rango de profundidad de 0,1 mm a 0,01 mm y un rango de ancho de corte de 0,05 mm a 0,003 mm.
- 10 c) Para cada trayectoria se calculan las coordenadas ortogonales de los puntos de posicionamiento de la punta de herramienta y las componentes del vector perpendicular a la superficie en estos puntos
- 15 d) Se calculan los ángulos de la máquina a partir de las componentes del vector perpendicular a la superficie
- e) Se orienta el eje de la herramienta en el espacio con el sistema de control de la máquina de manera que el plano de referencia de la herramienta quede siempre perpendicular a la
20 tangente de la trayectoria de la herramienta y el plano de retroceso de la propia herramienta quede orientado de acuerdo con la cinemática de la máquina o del ángulo de posición de la herramienta.
- f) Se sincroniza la orientación de la herramienta, con el sistema de control de la máquina,
25 con los movimientos de traslación de la herramienta para asegurar la interpolación entre los ejes de rotación y de traslación de manera que los ángulos de corte, los ángulos de desprendimiento, de posición y de inclinación se mantengan constantes a lo largo de cada pasada de mecanizado.
- 30 El método de mecanizado descrito es un proceso de mecanizado en el que los movimientos de desplazamiento que realiza la herramienta pueden ser ejecutados en cualquier dirección en el espacio y de acuerdo con trayectorias analíticas: rectas, círculos, hélices, splines, curvas paramétricas, etc. o por conjuntos de puntos. La característica principal y distintiva del método propuesto es que la orientación de la herramienta y por lo tanto de su superficie
35 de desprendimiento quede siempre situada relativamente de igual forma lo que se consigue

mediante la sincronización entre la orientación de la herramienta y sus movimientos de traslación. Con el método descrito se consigue que los ángulos de corte, ángulos de desprendimiento, de posición y de inclinación se mantengan constantes a lo largo de cada pasada de mecanizado.

5

Se ha verificado que con el método de microlimado propuesto se eliminan los efectos cresta de la entrada rotatoria y sucesiva de las superficies de corte de la herramientas multifilo sobre el acabado superficial de la pieza a mecanizar, ya que en el método propuesto la punta de la herramienta está localizada en un solo punto. También es posible utilizar herramientas más sencillas y por lo tanto más baratas. La sección de viruta del microlimado que se genera es semejante a la que se tiene en otros procesos con herramientas monofilo, donde la profundidad es normalmente mayor que el ancho de corte. La relación más adecuada entre estas variables es las que les sitúa entre 3 y 10 veces mayor aquella con respecto a esta última.

10

15

La forma de aplicar industrialmente el sistema descrito se desprende de la propia descripción del mismo. No obstante se destaca como más relevante su aplicabilidad en la industria relacionada con automoción y transporte, tecnologías de información y telecomunicaciones, salud y biotecnologías e instrumentación y sensores.

20

Breve descripción de los dibujos

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica de la misma, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

25

La **figura 1** muestra la situación de los planos de definición de las tres configuraciones más frecuentes de las herramientas de microlimado. De izquierda a derecha: herramienta monofilio de punta simétrica; herramienta monofilio de punta centrada con flanco lateral y herramienta monofilio de punta descentrada con flanco lateral.

5

La **figura 2** muestra los ángulos de posición principal del filo de la herramienta para las tres configuraciones más frecuentes de las herramientas de microlimado: herramienta monofilio de punta simétrica; herramienta monofilio de punta centrada con flanco lateral y herramienta monofilio de punta descentrada con flanco lateral.

10

La **figura 3** muestra un esquema del movimiento y trayectoria genérica de una herramienta para obtener superficies esculpidas.

15

La **figura 4** muestra la situación de los planos de referencia de la herramienta respecto a la trayectoria seguida.

Descripción detallada de la invención

Para la realización del método de mecanizado se parte de una herramienta de microlimado (7) incorporada a una máquina de mecanizado de control programable. En los algoritmos de control de los movimientos de la herramienta se incorporará el método propuesto para lo cual se deberán tener en cuenta los planos de definición de la herramienta: el plano de trabajo (1) de la herramienta, el plano de retroceso (2) y el plano de referencia (8). Para la ejecución del método de micromecanizado con la herramienta de microlimado se debe asegurar que los planos de trabajo (1) de la herramienta y el plano de retroceso (2) se sitúan de manera que queden paralelos y perpendiculares al eje de la herramienta. Estos planos sirven para definir la geometría de la herramienta y son la base para determinar la posición de la misma respecto de la pieza. Estas definiciones serán utilizadas en todo momento por el algoritmo del sistema de control para dirigir la trayectoria de la herramienta durante la ejecución del método.

30

La capacidad de este tipo de herramientas para acceder a la superficie de trabajo (5) de la pieza es función de los ángulos de posición principal (3) del filo de la herramienta y ángulos de posición secundarios (4) y los ángulos que se forman entre los planos de trabajo de la herramienta y el plano del filo. El ángulo de posición (3) del filo de estas herramientas tiene valores que varían según la situación de la superficie de trabajo de la pieza, aunque los

35

valores más normales serán los comprendidos entre 45° y 90° . Para el ángulo de posición secundario (4) estarán entre 45° y 75° , en situaciones más extremas se puede tener ángulos de posición de hasta 135° .

- 5 La generación de la superficie (5) a mecanizar se realiza generando una trayectoria (6) de la herramienta (7) en la cual la dirección de corte y la dirección de avance deben coincidir en todo momento.

10 La herramienta (7) se desplaza según el movimiento de corte, y lo que es muy importante, la orientación de la herramienta y por lo tanto de su superficie de desprendimiento quede siempre situada relativamente de igual forma. Esto quiere decir que el plano de referencia (8) de la herramienta debe quedar situado perpendicularmente a la tangente instantánea de la trayectoria (7) en cada momento del mecanizado.

- 15 Para conseguir estas trayectorias el sistema de control de los ejes de la máquina X, Y y Z realizará una interpolación simultánea de todos ellos, de manera que asegure que la punta de herramienta se posiciona en los puntos de la trayectoria a la velocidad de corte definida. Además, la herramienta estará también animada de movimientos de orientación en el espacio a través de sus los tres ángulos de orientación alrededor de los ejes X, Y y Z con el fin de mantener la misma posición relativa de la herramienta con respecto a sus trayectorias y al plano de mecanizado.
- 20

El ángulo alrededor del eje Z de programación de la máquina se define en el plano XY y está formado por el plano de referencia y el plano coordenado XZ.

25 Esta orientación debe sincronizarse con los movimientos de traslación de la herramienta, de forma que también la interpolación debe hacerse entre su orientación y su trayectoria. Así pues, el ángulo alrededor del eje Z y también alrededor del eje X y del eje Y deben variar constantemente cuando las trayectorias no son rectas.

30 De esta manera el plano de referencia (1) queda siempre perpendicular a la tangente de la trayectoria (7) de la herramienta. El plano de retroceso (2) de la herramienta puede quedar orientado de acuerdo con la cinemática de la máquina o de la geometría de la herramienta (7). En máquinas con cinemática sencilla, como las máquinas de 4 ejes, las formas de la pieza se obtienen preferentemente con desplazamientos de la herramienta (7) según los

35

planos coordenados XY, XZ e YZ. En este caso, la geometría de la herramienta(7) debe ajustarse a las formas que se deseen dar a la pieza, seleccionando los ángulos de posición y la sección de viruta más adecuada para el proceso evitando las interferencias que se pueden producir entre la herramienta (7) y la pieza (5) debido a sus geometrías.

5

En las máquinas de 5 o 6 ejes, las trayectorias (6) pueden ser del mismo tipo, pero la orientación de la herramienta (7) puede estar definida no solo en relación al eje Z, sino en relación con los otros ejes de la máquina. En este caso el plano de retroceso (2) se sitúa perpendicular a la superficie de la pieza (5) para lo que es necesario la actuación de los dos ejes alrededor de los ejes X e Y de la máquina. En esta situación, el plano de trabajo (1) y el plano de mecanizado coinciden. De esta manera, lo que se consigue es que se posibilite la utilización de un menor número de herramientas o bien, herramientas de geometría más sencilla.

10

15 El valor de programación de los ejes angulares alrededor del eje X e Y se obtienen de la orientación que tiene el vector de la recta intersección del plano de referencia (1) y del plano de retroceso (2) con los ejes coordenados.

20

La entrada de la herramienta en la pieza se hace de forma progresiva para evitar el impacto inicial y la vibración posterior que se produce sobre todo cuando se mecaniza con velocidades de corte altas. El nivel de vibraciones y el acabado superficial determina el valor de la velocidad de corte.

25

Una vez descrita de forma clara la invención, se hace constar que la realización particular anteriormente descrita es susceptible de modificaciones de detalle siempre que no alteren el principio fundamental y la esencia de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Método de micromecanizado de superficies esculpidas caracterizado porque el proceso de mecanizado por arranque de viruta se realiza utilizando herramientas monofilas con movimiento en el espacio que sigan una trayectoria tridimensional dirigida por un control programable., dicho movimiento comprende las etapas de:
- 5
- se determina la trayectoria a seguir por la punta de la herramienta monófila, caracterizada por las coordenadas ortogonales de los puntos de posicionamiento de la punta de herramienta y las componentes del vector perpendicular a la superficie de los puntos;
 - 10 - se orienta el eje de la máquina;
 - se ajusta el punto de inicio caracterizado por calcular los ángulos de orientación del cabezal de la máquina a partir del vector perpendicular a la superficie de la pieza;
 - se sincroniza la orientación de la herramienta;
 - la entrada de la herramienta en la pieza se hace de forma progresiva.
- 15
2. Método según reivindicación 1 donde las trayectorias irán conformando las pasadas comprendidas en un rango de profundidad de 0,1 mm a 0,01 mm y un rango de ancho de corte de 0,05 mm a 0,003 mm.
- 20
3. Método según reivindicación 1 donde los ángulos de la máquina se obtienen a partir de las componentes del vector perpendicular a la superficie.
4. Método según reivindicación 1 donde el plano de referencia de la herramienta se sitúa perpendicular a la tangente de la trayectoria de la herramienta y el plano de retroceso de la propia herramienta se orienta de acuerdo con la cinemática de la máquina o del ángulo de posición de la herramienta.
- 25
5. Método de micromecanizado de superficies esculpidas según la reivindicación 1 caracterizado porque el sistema de control de la máquina sincroniza la orientación de la herramienta con los movimientos de traslación de la herramienta para asegurar la interpolación entre los ejes de rotación y de traslación.
- 30
6. Método de micromecanizado de superficies esculpidas según las reivindicaciones anteriores caracterizado porque el sistema de control de la máquina sincroniza los movimientos de los ejes para mantener constantes a lo largo de cada pasada de
- 35

mecanizado los ángulos de corte, los ángulos de desprendimiento, de posición y de inclinación

7. Uso del método de micromecanizado de superficies esculpidas con herramientas
5 monofilo para arranque de viruta

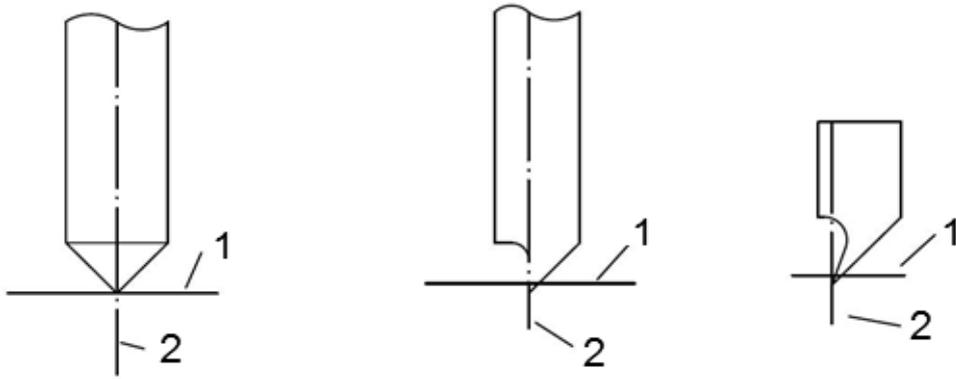


FIGURA 1

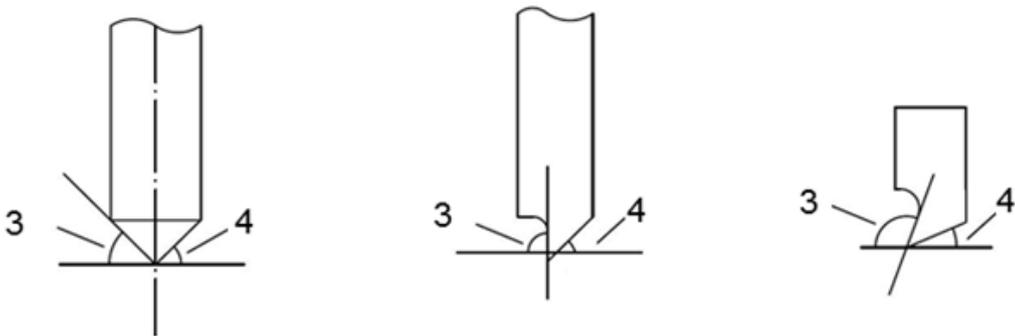


FIGURA 2

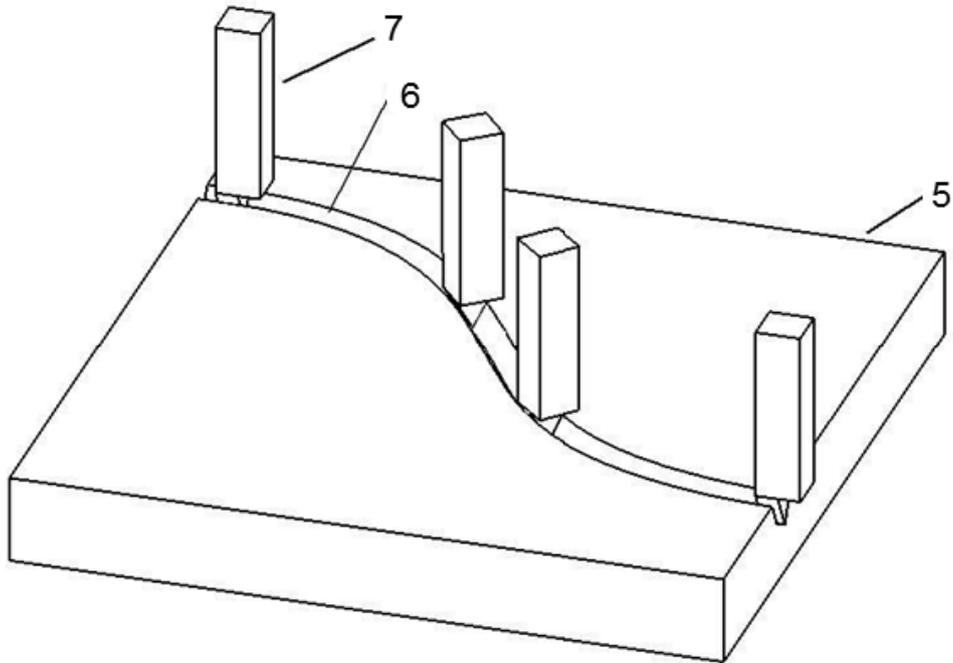


FIGURA 3

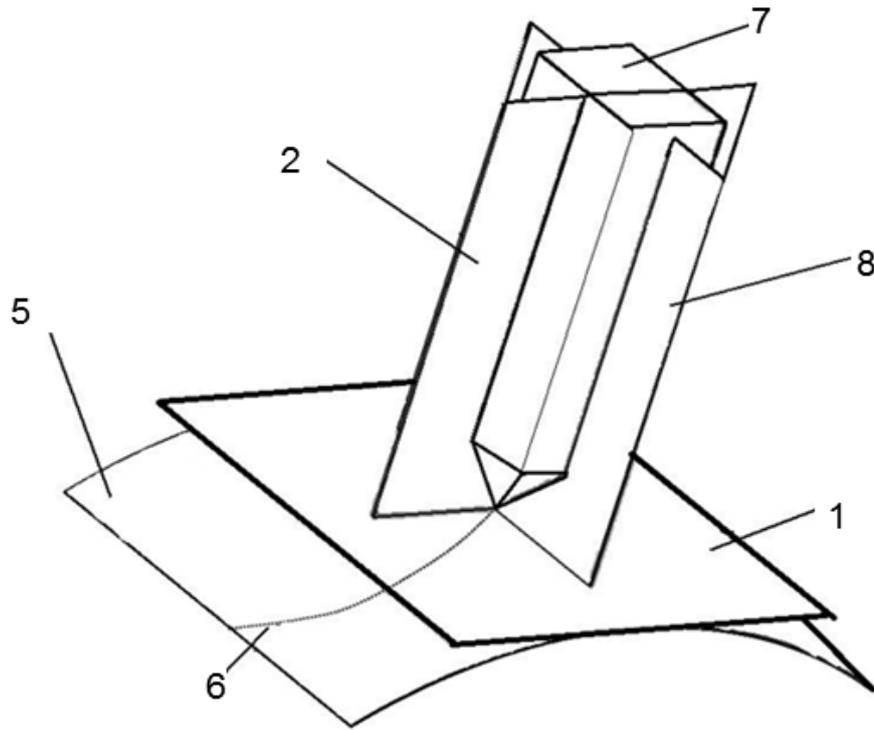


FIGURA 4



②¹ N.º solicitud: 201331781

②² Fecha de presentación de la solicitud: 05.12.2013

③² Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤¹ Int. Cl.: **G05B19/4099** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤ ⁶ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	US 3548173 A (PASCOE GEORGE et al.) 15.12.1970, columna 5, líneas 28-61; figuras.	1-7
A	EP 0264919 A2 (SONY CORP) 27.04.1988, todo el documento.	1
A	EP 0890890 A1 (TOYOTA MOTOR CO LTD et al.) 13.01.1999, todo el documento.	1

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 n.º:

Fecha de realización del informe
29.08.2014

Examinador
A. Gómez Sánchez

Página
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G05B

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 29.08.2014

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-7	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones 1-7	SI
	Reivindicaciones	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	US 3548173 A (PASCOE GEORGE et al.)	15.12.1970
D02	EP 0264919 A2 (SONY CORP)	27.04.1988
D03	EP 0890890 A1 (TOYOTA MOTOR CO LTD et al.)	13.01.1999

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

El objeto de la invención según la reivindicación número 1, independiente, trata de un método de micromecanizado de superficies esculpidas caracterizado porque el proceso de mecanizado por arranque de viruta se realiza utilizando herramientas monofilas con movimiento en el espacio que sigan una trayectoria tridimensional dirigida por un control programable., dicho movimiento comprende las etapas de:

- se determina la trayectoria a seguir por la punta de la herramienta monófila, caracterizada por las coordenadas ortogonales de los puntos de posicionamiento de la punta de herramienta y las componentes del vector perpendicular a la superficie de los puntos;
- se orienta el eje de la máquina;
- se ajusta el punto de inicio caracterizado por calcular los ángulos de orientación del cabezal de la máquina a partir del vector perpendicular a la superficie de la pieza;
- se sincroniza la orientación de la herramienta;
- la entrada de la herramienta en la pieza se hace de forma progresiva.

Así mismo, la reivindicación número 7, también independiente, trata del uso del procedimiento.

No se ha encontrado en el estado de la técnica un procedimiento que incorpore exactamente estos pasos, y en el mismo orden. El documento D01, posiblemente el documento más próximo del estado de la técnica, presenta un método que calcula los vectores normal y tangente, previo cálculo de una superficie teórica que pasa por tres puntos, y tiene una finalidad similar ya que considera su uso para el torneado, que implica una herramienta monófila.

En conclusión, los documentos citados D01-D03, reflejan únicamente el estado de la técnica y no parecen válidos para cuestionar ni la novedad, ni la actividad inventiva de los objetos reivindicados.