

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 637 034**

21 Número de solicitud: 201730426

51 Int. Cl.:

**B23Q 17/09** (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

**28.03.2017**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**10.10.2017**

Fecha de concesión:

**23.07.2018**

45 Fecha de publicación de la concesión:

**30.07.2018**

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD DE LEÓN (100.0%)  
Avda. De La Facultad, 25  
24071 LEON (León) ES**

72 Inventor/es:

**ALEGRE GUTIÉRREZ, Enrique;  
GARCÍA ORDÁS, María Teresa;  
GONZÁLEZ CASTRO, Victor;  
ALÁIZ RODRIGUEZ, Rocío y  
FIDALGO FERNÁNDEZ, Eduardo**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

54 Título: **SISTEMA Y PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR EL DESGASTE EN PLAQUITAS DE CORTE UTILIZADAS EN OPERACIONES DE FRESADO MEDIANTE CLASIFICACIÓN DE DESCRIPTORES DE FORMA EN IMÁGENES DIGITALES**

57 Resumen:

Sistema y procedimiento para determinar el desgaste en plaquitas de corte utilizadas en operaciones de fresado, a partir de una imagen digital (9) de un cabezal de corte (1) de una máquina fresadora. El procedimiento comprende localizar una plaquita de corte (10) en la imagen digital (9); detectar el filo de corte principal (16a); recortar una región (17) que contiene el filo de corte principal (16a), obteniendo una región de desgaste (19); describir la región de desgaste (19) mediante descriptores de forma, generando un vector de características; clasificar la región de desgaste (19) en categorías utilizando el vector de características de la región de desgaste (19) y un algoritmo de aprendizaje supervisado; determinar el estado de la plaquita de corte (10) en función de la clasificación de la región de desgaste (19).

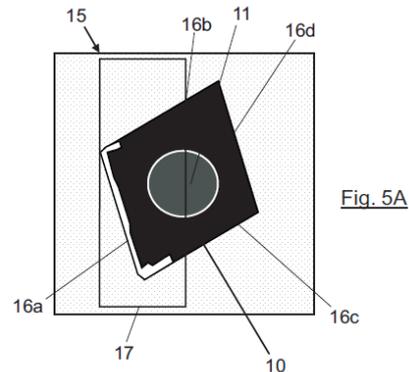


Fig. 5A

ES 2 637 034 B1

**SISTEMA Y PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR EL DESGASTE EN PLAQUITAS DE CORTE UTILIZADAS EN OPERACIONES DE FRESADO MEDIANTE CLASIFICACIÓN DE DESCRIPTORES DE FORMA EN IMÁGENES DIGITALES**

5

**DESCRIPCIÓN**

**Campo de la invención**

La presente invención se engloba en el campo de los sistemas de monitorización del desgaste de las herramientas de corte de una máquina fresadora, y más concretamente la monitorización del desgaste de las plaquitas de corte montadas en las fresas mediante la combinación de características derivadas de su forma.

**Antecedentes de la invención**

El desgaste de las herramientas de corte utilizadas en una fresadora está causado por gran variedad de factores que actúan sobre el filo de corte, como pueden ser la corrosión, la abrasión o la fatiga. El estado de las plaquitas de corte empleadas en las fresas influye directamente en la calidad de la pieza mecanizada. Por tanto, la monitorización de su desgaste es una tarea crítica para poder reemplazar la herramienta en el momento adecuado debido a los costes del cabezal que habría que sustituir en caso de rotura, los costes indirectos derivados de la parada de la máquina fresadora para llevarla a cabo, o el coste debido a la no idoneidad de las piezas resultantes. La optimización de estas operaciones de sustitución conlleva una mejora significativa en términos de eficiencia y competitividad de los sistemas de producción.

Las técnicas más estudiadas para la evaluación del desgaste se basan en la monitorización de señales que tienen cierta correlación con el nivel de desgaste de la herramienta de corte. Así, existen trabajos que proponen usar medidas de fuerza para estimar el desgaste (G. Wang, Y. Yang, Q. Xie y Y. Zhang, "Force based tool wear monitoring system for milling process based on relevance vector machine", *Advances in Engineering Software*, Vol. 71, 2014, pp. 46 – 51), las vibraciones (K.V. Rao, B.S.N. Murthy y N.M. Rao, "Prediction of cutting tool wear, surface roughness and vibration of work piece in boring of AISI 316 steel with artificial neural network", *Measurement*, Vol. 51, 2014, pp. 63 – 70), la emisión acústica u otro tipo de señales procedentes de sensores (S. Jie, W.Y. San, H.G. Soon, M. Rahman y W. Zhigang, "Identification of feature set for effective tool condition monitoring – A case study in titanium machining", *actas de la IEEE International Conference on Automation Science and Engineering*, 2008, pp. 273 – 278). Sin

embargo, todas estas señales se ven afectadas por el ruido propio de entornos industriales, lo que reduce la fiabilidad de estos sistemas de evaluación de desgaste.

5 Asimismo, existen otras propuestas de métodos de monitorización basados en visión artificial que miden directamente el desgaste de la herramienta con mayor precisión y fiabilidad. Los avances recientes en el campo del procesamiento de imágenes digitales han permitido aplicar estas técnicas analizando, por ejemplo, el contorno de la forma de la región de desgaste (García-Ordás, M.T., Alegre, E., González-Castro, V. and García-Ordás, D., "aZIBO: A New Descriptor Based in Shape Moments and Rotational Invariant Features", 22nd International Conference on  
10 Pattern Recognition (ICPR), 2014). Otros estudios analizan la textura de las zonas desgastadas y la comparan con la de las regiones intactas (Samik Dutta, Surjya K. Pal and Ranjan Sen, "Progressive tool flank wear monitoring by applying discrete wavelet transform on turned surface images", Measurement, 2016). A diferencia del método propuesto en la presente invención, esta técnica se aplica a procesos de torneado en lugar de fresado.

15

### **Descripción de la invención**

La presente invención se refiere a un sistema y un procedimiento automatizado para describir y estimar el desgaste de plaquitas de corte en operaciones de fresado utilizando técnicas de visión artificial. El procedimiento evalúa el estado de la herramienta a partir de imágenes digitales en  
20 escala de grises mediante una técnica de descripción de la forma del desgaste de la herramienta, clasificándola al menos como con "alto nivel de desgaste" y "bajo nivel de desgaste", en base a un modelo entrenado mediante un método de aprendizaje supervisado.

El procedimiento de la presente invención determina el nivel de desgaste de las plaquitas de  
25 corte a partir de una imagen digital donde aparezca un cabezal de corte con al menos una plaquita de corte. En la realización preferente de la invención este procedimiento se aplica para procesos de fresado, aunque se puede extender a otro tipo de procesos de la industria de fabricación en el que intervengan este tipo de plaquitas, como procesos de torneado. El procedimiento comprende una primera etapa de localización de al menos una plaquita de  
30 corte en la imagen digital y, para al menos una plaquita de corte localizada:

- Detectar, en la imagen digital, el filo de corte principal de la plaquita de corte.
- Recortar una región de desgaste que contiene el filo de corte principal detectado.
- Segmentar las regiones de desgaste de la plaquita en el filo de corte principal, así como parte de sus adyacentes.

- Describir la región de desgaste mediante al menos un descriptor de forma, generando un vector de características.

- Clasificar la región de desgaste de cada plaquita en dos o más categorías utilizando el vector de características de la región de desgaste y un algoritmo de aprendizaje supervisado.

5 - Determinar el estado de la plaquita de corte en función de la clasificación de la región de desgaste.

10 La localización de al menos una plaquita de corte en la imagen digital puede comprender la detección del tornillo de cada plaquita de corte, que se puede realizar mediante un método de detección de objetos basado en la forma, preferentemente mediante el histograma de gradientes orientados.

15 En una realización preferente de la invención, la detección del filo de corte principal de la plaquita de corte se realiza mediante un detector de bordes. La región de desgaste recortada preferentemente cubre íntegramente el filo de corte principal y al menos parcialmente los fillos de corte adyacentes. La etapa de determinación del estado de la plaquita de corte puede comprender determinar el nivel de desgaste del filo de corte principal y de los fillos de corte adyacentes.

20 En una realización preferente, el recorte de la región de desgaste comprende las siguientes etapas:

- Binarización de una región de interés donde se localiza la plaquita de corte.

- Detección y eliminación del círculo central de la plaquita de corte.

- Detección de los fillos de corte de la plaquita de corte.

25 - Recorte de una región de desgaste que comprende íntegramente el filo de corte principal y al menos parcialmente los fillos de corte adyacentes.

La etapa de descripción de las imágenes de la región de desgaste se realiza concatenando descriptores que caracterizan la forma de dicha región, creando así el vector de características.

30 En una realización preferente de la invención, el algoritmo de aprendizaje supervisado empleado en la clasificación de las regiones de desgaste es el algoritmo de máquinas de vectores de soporte, denominadas en inglés *Support Vector Machines* (SVM).

35 Las regiones de desgaste se pueden clasificar al menos en alto nivel de desgaste o bajo nivel de desgaste. La clasificación de las regiones puede comprender entrenar un sistema de

aprendizaje automático con un conjunto de entrenamiento etiquetado; y clasificar, utilizando el sistema entrenado, las regiones representadas por su vector de características basado en su forma, según sea alto nivel de desgaste o bajo nivel de desgaste utilizando un método de clasificación supervisada.

5

El procedimiento puede comprender una etapa de adquisición de la imagen digital y también puede comprender una etapa de conversión de la imagen digital a una imagen en escala de grises.

10

Un segundo aspecto de la presente invención se refiere a un sistema de monitorización del desgaste de plaquitas de corte utilizadas en operaciones de fresado. El sistema comprende un sistema de captura de imágenes configurado para adquirir una imagen digital de un cabezal de corte de una máquina fresadora con al menos una plaquita de corte, y un sistema que comprende unos medios de procesamiento de datos configurados para localizar al menos una

15

plaquita de corte en la imagen digital:

- Detectar, en la imagen digital, el filo de corte principal de la plaquita de corte.

- Recortar una región de desgaste que contiene el filo de corte principal detectado y, al menos parcialmente, los filos de corte adyacentes.

20

- Segmentar las regiones de desgaste de la plaquita en el filo de corte principal, así como en parte de sus adyacentes.

- Describir la región de desgaste mediante al menos un descriptor de forma, generando un vector de características.

- Clasificar las regiones de desgaste en dos o más categorías utilizando el vector de características de las regiones de desgaste y un algoritmo de aprendizaje supervisado.

25

- Determinar el estado de la plaquita de corte en función de la clasificación de su región de desgaste.

El sistema de captura de imágenes comprende una cámara digital y puede comprender un sistema de iluminación. El sistema de iluminación comprende al menos una barra de luz roja

30

LED. El sistema de procesamiento puede estar configurado para localizar al menos una plaquita de corte en la imagen digital mediante la detección del tornillo de la misma. El sistema de procesamiento puede comprender un detector de bordes configurado para realizar la detección del filo de corte principal de la plaquita de corte.

35

Otro aspecto de la presente invención se refiere a un producto de programa que comprende las

instrucciones necesarias para llevar a cabo el procedimiento anteriormente definido cuando el programa se ejecuta en un procesador. Este producto de programa puede estar almacenado en un medio de soporte de programas.

5 El procedimiento de la invención permite estimar automáticamente el nivel de desgaste de las plaquitas de corte y, opcionalmente, clasificar la plaquita como “desgastada” o “intacta” a partir de imágenes digitales tomadas del cabezal de corte en máquinas de fresado utilizando cualquier sistema basado en un ordenador que permita adquirir, procesar y clasificar los descriptores extraídos de dichas imágenes. El procedimiento propuesto tiene interés especial cuando el  
10 sistema es portable, de dimensiones y coste reducidos, aunque con las prestaciones de un ordenador de gama media, al que se conecta una cámara digital para adquirir las imágenes. Algunos ejemplos de computadoras portables son la Raspberry Pi, la HummingBoard, la Banana Pi, la BeagleBone Black o la Odroid U3. Las imágenes digitales utilizadas se toman directamente en escala de grises o bien son convertidas a este formato para su posterior procesamiento.

15 El procedimiento de la presente invención determina el nivel de desgaste de las plaquitas de corte teniendo en cuenta la forma del desgaste del filo de corte principal, previa descripción del mismo mediante el uso de técnicas de visión artificial basadas en forma. Este procedimiento se aplica a procesos de fresado en la industria de fabricación, aunque se podría adaptar a otro tipo  
20 de procesos de fabricación, como son los de torneado, en los que intervengan este tipo de plaquitas.

En la descripción de la presente invención se emplea de manera general el término “imagen” para hacer referencia tanto a imágenes fijas como a cada uno de los fotogramas presentes en  
25 una secuencia de imágenes o vídeo.

El procedimiento que se propone en la presente invención comprende las siguientes etapas:

1. Adquisición de las imágenes.
2. Localización de las plaquitas de corte y recorte de la región del filo de corte.
- 30 3. Descripción de la región de desgaste del filo de corte.
4. Clasificación de la región de desgaste del filo de corte.

En la etapa de adquisición se capturan imágenes del cabezal de corte con las plaquitas que se desean analizar, bien como imágenes fijas o procedentes de una secuencia de vídeo, utilizando  
35 una cámara digital y un sistema de iluminación adecuados. Esta cámara está conectada a un

ordenador, en el cual se analiza la imagen digital adquirida. Preferentemente las imágenes se capturan en escala de grises, aunque el procedimiento funcionaría de manera análoga utilizando imágenes en color. Cada imagen contiene una o varias plaquitas de corte.

- 5 El procedimiento puede comprender una etapa de preprocesamiento de la imagen capturada del cabezal de corte, con el fin de mejorar el contraste o simplemente convertir la imagen a escala de grises, si fuese necesario. La imagen resultante de esta primera etapa se denominará "imagen", tanto si se ha llevado a cabo el preprocesamiento como si no.
- 10 Posteriormente se realiza la localización de las plaquitas de corte y recorte de la región del filo de corte de manera automática. El primer paso comprende detectar en la imagen capturada la región circular central de la plaquita de corte, en la que se encuentra el tornillo que la fija al cabezal de corte y eliminarla de la imagen. A continuación, se detecta el filo izquierdo de la plaquita mediante detectores de bordes y operaciones morfológicas. Una vez detectado, se
- 15 recorta la región rectangular que va desde el filo de corte hasta la región circular del tornillo de fijación, sin contener a esta última.

El procedimiento puede incorporar una etapa de preprocesamiento de la imagen con la región de interés donde se encuentra la plaquita o de las regiones rectangulares donde se encuentran

20 los filos de corte, para mejorar el contraste de la misma y facilitar la operación.

Las imágenes resultantes en esta etapa de localización de las plaquitas de corte y recorte de la región del filo de corte se denominarán en adelante "imágenes del filo de corte" e incluyen toda la superficie de la plaquita presente en la región anteriormente recortada. Finalmente se

25 segmenta la región de desgaste de este borde mediante técnicas automáticas basadas en umbralización o utilizando cualquier otro método de segmentación.

La etapa de descripción de las imágenes de la región de desgaste se realiza concatenando un conjunto de características de dicha región que describen su forma, creando así un vector de

30 características. De acuerdo con una realización preferente de la invención, la descripción se realiza mediante cinco características derivadas de la forma de la región de desgaste.

Por último, se procede a la clasificación de las regiones de desgaste. De acuerdo con una realización preferente de la invención, el método de clasificación supervisada óptimo empleado

35 es el de las máquinas de vectores soporte, denominadas en inglés *Support Vector Machines*

(SVM).

Por último, la presente invención se extiende también a programas de ordenador, particularmente los que se encuentran almacenados en un soporte físico, adaptados para llevar a la práctica el procedimiento descrito. El programa puede tener la forma de código fuente, código objeto, una fuente intermedia entre código y código objeto – por ejemplo, en forma parcialmente compilada – o en cualquier otra forma adecuada para uso en la puesta en práctica de los procesos según la presente invención. El soporte físico puede ser cualquier entidad o dispositivo capaz de soportar el programa. Por ejemplo, el soporte físico puede incluir un medio de almacenamiento, como una memoria ROM, una memoria de tipo óptico (como un CD ROM, DVD ROM, Blu-Ray), una memoria ROM de semiconductor, una memoria flash, una memoria de estado sólido (SSD) o un soporte de grabación magnética, como por ejemplo un disco duro. Además, el soporte físico puede ser una portadora transmisible, como por ejemplo una señal eléctrica u óptica que podría transportarse a través de cable eléctrico u óptico, o por cualesquiera otros medios. Cuando el programa va incorporado en una señal que puede ser transportada directamente por un cable u otro dispositivo o medio, la portadora puede estar constituida por dicho cable u otro dispositivo o medio. Como variante, la portadora puede ser un circuito integrado en el que va incluido el programa, estando dicho circuito integrado adaptado para ejecutar o para ser utilizado en la ejecución de los procesos correspondientes.

### **Breve descripción de las figuras**

A continuación, se describen de manera muy breve una serie de figuras que ayudan a comprender mejor la invención y que se relacionan expresamente con una realización de dicha invención que se presenta como un ejemplo no limitativo de ésta.

La Figura 1 muestra un esquema simplificado de un sistema de determinación de desgaste de plaquitas de corte de acuerdo a la presente invención.

Las Figuras 2A y 2B muestran una vista esquemática en alzado y en planta, respectivamente, del sistema de captura de imágenes utilizado en una realización preferente de la invención.

La Figura 3 muestra una representación simple de la imagen capturada donde se aprecia el cabezal con las plaquitas de corte montadas.

La Figura 4 representa, para el ejemplo de la Figura 3, la imagen donde aparecen únicamente las plaquitas de corte individuales.

La Figura 5A muestra un recorte de la imagen de la Figura 4 con una plaquita de corte individual.

5 La Figura 5B ilustra un recorte de la Figura 5A en una región de desgaste en torno al filo de corte principal de la plaquita de corte.

La Figura 6 muestra una imagen con la segmentación de los filos de corte de la plaquita.

## 10 **Descripción detallada de la invención**

La Figura 1 muestra un esquema simplificado de un sistema de monitorización del desgaste que comprende un dispositivo de captura de imágenes 2 que toma imágenes del cabezal de corte 1 de una máquina fresadora al cual se encuentran atornilladas unas plaquitas de corte 10. Este dispositivo de captura 2, a su vez, está conectado a un sistema de procesamiento 3 (e.g. un ordenador), de la manera que requiera para que la imagen capturada llegue al ordenador como una imagen digital 9. Un archivo de datos 4 almacena los descriptores de la región de desgaste de las plaquitas y otro archivo 5 almacena los resultados obtenidos en la clasificación, que se pueden mostrar a través de la pantalla de visualización 6.

20 En las Figuras 2A y 2B se muestran, las vistas en alzado y planta, respectivamente, del sistema de captura de imágenes que comprende, en una realización preferente de la invención, una cámara digital 7 y un sistema de iluminación 8 de barras de luz roja LED entre la cámara digital 7 y el cabezal de corte 1. En una realización preferente de la invención este sistema de captura e iluminación estará aislado de la luz exterior con el objetivo de conseguir una iluminación uniforme, por ejemplo, mediante una pantalla o ubicado en el interior de una cabina. La adquisición y procesamiento completo de las imágenes de las plaquitas de corte se realiza mientras la máquina de fresado está en estado de reposo, debido al cambio de las piezas metálicas usadas en los procesos de fresado.

30 Las imágenes digitales 9 del cabezal de corte 1 capturadas por la cámara digital 7 se envían a un sistema de procesamiento 3 de la forma que la cámara digital 7 requiera (por ejemplo, mediante una conexión USB o firewire). El sistema de procesamiento 3 comprende unos medios de procesamiento de datos, preferentemente basados en microprocesador o microcontrolador. El sistema de procesamiento se puede implementar en un sistema portable, en un ordenador de sobremesa, o en cualquier otro dispositivo electrónico con la suficiente capacidad de

35

procesamiento de datos.

A continuación, puede ser necesaria una etapa de preprocesamiento de las imágenes obtenidas, preferentemente por el sistema de captura de imágenes 2 o por el sistema de procesamiento 3.

5 Si las imágenes adquiridas son en color, en la realización preferente de la invención se transforman a escala de grises. Para mejorar el contraste se puede utilizar cualquier método de ecualización o mejora del contraste de la imagen.

10 El resultado de esta primera etapa de adquisición de imágenes es la imagen representada de manera esquemática en la Figura 3, que muestra la imagen digital capturada 9, con o sin preprocesamiento. En ella se puede ver el cabezal de corte 1 con las plaquitas de corte 10 montadas. Las plaquitas de corte para fresado suelen ser romboédricas o triangulares, aunque pueden existir otras geometrías para casos especiales.

15 A continuación, el sistema de preprocesamiento 3 realiza la localización de las plaquitas de corte 10 y el recorte de la región del filo de corte. En primer lugar, se localizan los tornillos 11 que se encuentran en el centro de las plaquitas de corte 10. En una realización preferente de la invención se utiliza un método de detección de objetos basado en la forma que requiere de entrenamiento, como los Histogramas de Gradientes Orientados (HOG), aunque se puede realizar con cualquier  
 20 otro método de detección de objetos entrenado con las imágenes utilizadas. Posteriormente, se aplica un detector de bordes que permite localizar los fillos de la plaquita de corte 10. En una realización preferente de la invención se utiliza el filtro de bordes Canny, aunque se pueden utilizar otros métodos modificando el post-procesamiento. Tras la aplicación de dicho detector de bordes se obtiene una imagen 14 donde aparecen únicamente cada una de las plaquitas de corte  
 25 10 como se aprecia en la Figura 4. Esta figura es una representación y, por ello, no se muestra el fondo, donde se localizan las plaquitas presentes en la imagen capturada. A continuación, para cada plaquita se detecta el filo de corte principal y se recorta la región de interés donde se estudiará el desgaste.

30 De la imagen donde aparecen todas las plaquitas de corte localizadas 14, se separa cada plaquita de corte 10 de manera individual, obteniendo una imagen de plaquita individual 15 para cada plaquita de corte, como se muestra en el ejemplo de la Figura 5A. Cada plaquita de corte normalmente dispone de tres o cuatro fillos de corte y todos ellos se pueden utilizar para mecanizar: dependiendo del montaje de la plaquita de corte se utilizará uno u otro. En la Figura  
 35 5A se muestra una plaquita de corte 10 con cuatro fillos de corte (16a, 16b, 16c y 16d). Se llama

filo de corte principal 16a a aquel que se está utilizando en ese momento para el mecanizado de la pieza, dependiendo de la posición de la plaquita de corte 10 y del sentido de la rotación del cabezal de corte 1. En la Figura 5A el filo de corte principal 16a es el de la izquierda. El resto de fillos (superior 16b, inferior 16c y filo de corte opuesto 16d) son aquellos que no se están utilizando en ese momento para el mecanizado. El filo de corte principal 16a es el que debe inspeccionarse preferentemente es el que se utiliza en el mecanizado y podría colapsar. Por ello es necesario determinar si está en buenas condiciones para seguir cortando y, en caso contrario, se podría girar la plaquita de corte 10 para seleccionar otro filo de corte (16b, 16c, 16d) en buen estado, que pasaría a ser el filo de corte principal. Alternativamente, se podría reemplazar la plaquita de corte 10 si no queda ningún filo de corte intacto en la misma.

Una vez que las regiones donde se encuentra cada plaquita en el cabezal han sido recortadas se segmenta una región 17 que contiene los fillos de corte de la plaquita. El primer paso en esta etapa es eliminar el tornillo central 11 de la plaquita. Para ello, la imagen de la Figura 5A se binariza de modo que la región correspondiente a la plaquita de corte 10 quede en color blanco, y el fondo en negro. En la realización preferente de esta invención esta binarización se realiza mediante un umbral fijado en 0,01. A continuación, se calcula el centroide de esta área, que será, debido a las propiedades geométricas de la región, el centro de dicho círculo. El radio del mismo se ha fijado teniendo en cuenta la geometría de las plaquitas como  $R_C = D/4,92$ , donde D es la longitud de la diagonal mayor de la región de la plaquita de corte.

Una vez eliminado el círculo central, se recorta la región 17 de los bordes de la plaquita automáticamente. La Figura 5B ilustra una imagen 18 del recorte de la Figura 5A en una región 17 en torno al filo de corte principal de la plaquita de corte 10. En primer lugar, se detectan los contornos de la plaquita 10. En la realización preferente de la invención se utiliza un filtro Sobel vertical, aunque podría utilizarse cualquier otro detector de bordes que permitiera detectarlos. Estos contornos se dilatan y abren morfológicamente mediante un elemento estructurante cuadrado de tamaño 3x3, en una realización preferente de la invención. A continuación, la imagen resultante se proyecta verticalmente sobre el eje horizontal. El primer elemento diferente de cero en esta proyección indica la coordenada x en la que el filo de corte principal 16a comienza. Así, se recorta de la imagen de la plaquita 10 una región rectangular cuyo tamaño vertical es el mismo que el de la imagen y cuyo lado izquierdo es la coordenada x detectada anteriormente. En un procedimiento preferente de la invención, el tamaño horizontal de esta región es de 100 píxeles añadiendo un margen de seguridad de 25, aunque se podría detectar automáticamente utilizando la proyección vertical de los contornos de la plaquita.

Finalmente se segmentan las regiones 17 de los recortes de los fillos obtenidos anteriormente para las distintas plaquitas de corte 10. El resultado de esta etapa se muestra de modo simplificado en la Figura 6, que muestra una región de desgaste 19 con la segmentación de los fillos de corte de la plaquita.

Una vez que, para las distintas plaquitas de corte 10, las regiones de desgaste de los fillos de corte han sido segmentadas, se aplica sobre ellas el algoritmo de descripción para obtener el vector de características que las representen. En una realización preferida, el descriptor utilizado consiste en un vector de cinco características derivadas de la forma de la región. En concreto, estas características son:

1. Diámetro del círculo que tenga la misma área, en píxeles que la región. Se calcula como:

$$D_E = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

donde A es el área de la región.

2. Número de píxeles que pertenecen a la imagen después de rellenar huecos.
3. Perímetro de la forma. Es la longitud del contorno de la forma bidimensional. Se puede calcular como:

$$\text{Perímetro} = \sum_{i=1}^n P_i$$

donde n es el número de puntos de contorno y  $P_i$  representa el i-ésimo punto del contorno.

4. Longitud del eje menor de la elipse que tiene los mismos segundos momentos centrales que la región.
5. Longitud del eje mayor de la elipse que tiene los mismos segundos momentos centrales que la región.

A continuación, el descriptor calculado en la fase anterior se clasifica utilizando un algoritmo de aprendizaje supervisado entrenado previamente. Esta clasificación devuelve, para cada vector de características, un valor binario que determina si la región de desgaste 19 presenta un desgaste alto o bajo.

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para determinar el desgaste en plaquitas de corte utilizadas en operaciones de fresado, a partir de una imagen digital (9) de un cabezal de corte (1) de una máquina fresadora con al menos una plaquita de corte (10), caracterizado por que comprende localizar al menos una plaquita de corte (10) en la imagen digital (9) y, para al menos una plaquita de corte (10) localizada:
- detectar, en la imagen digital (9), el filo de corte principal (16a) de la plaquita de corte;
  - recortar una región (17) que contiene el filo de corte principal (16a) detectado, obteniendo una región de desgaste (19);
  - describir la región de desgaste (19) mediante al menos un descriptor de forma, generando un vector de características;
  - clasificar la región de desgaste (19) en dos o más categorías utilizando el vector de características de la región de desgaste (19) y un algoritmo de aprendizaje supervisado;
  - determinar el estado de la plaquita de corte (10) en función de la clasificación de la región de desgaste (19).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que la localización de al menos una plaquita de corte (10) en la imagen digital (9) comprende la detección del tornillo (11) de cada plaquita de corte (10).
3. Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado por que la detección del tornillo (11) se realiza mediante un método de detección de objetos basado en la forma.
4. Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado por que el método de detección de objetos empleado es el histograma de gradientes orientados.
5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la detección del filo de corte principal (16a) de la plaquita de corte (10) se realiza mediante un detector de bordes.
6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la región de desgaste (19) recortada incluye íntegramente el filo de corte principal (16a) y al menos parcialmente los filos de corte adyacentes (16b, 16c).

7. Procedimiento según la reivindicación 6, caracterizado por que la etapa de determinación del estado de la plaquita de corte (10) comprende determinar el nivel de desgaste del filo de corte principal (16a) y de los filos de corte adyacentes (16b, 16c).
- 5 8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el recorte de la región (17) comprende:
- binarización de una región de interés donde se localiza la plaquita de corte (10);
  - detección y eliminación del círculo central correspondiente al tornillo (11) de la plaquita de corte (10);
- 10 - detección de los filos de corte (16a, 16b, 16c, 16d) de la plaquita de corte (10);
- recorte de una región de desgaste (19) que comprende íntegramente el filo de corte principal (16a) y al menos parcialmente los filos de corte adyacentes (16b, 16c).
9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la descripción de la región de desgaste (19) comprende la extracción de características basadas en su forma.
- 15
10. Procedimiento según la reivindicación 9, caracterizado por que las características el descriptor de forma comprende un vector con las siguientes cinco características derivadas de la forma de la región:
- 20
- diámetro del círculo que tenga la misma área que la región;
  - número de píxeles que pertenecen a la imagen después de rellenar huecos;
  - perímetro de la forma;
  - longitud del eje menor de la elipse que tiene los mismos segundos momentos centrales
- 25 que la región;
- longitud del eje mayor de la elipse que tiene los mismos segundos momentos centrales que la región.
11. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el algoritmo de aprendizaje supervisado empleado en la clasificación de la región de desgaste (19) es el de máquinas de vectores de soporte.
- 30
12. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la región de desgaste (19) se clasifica al menos en “alto desgaste” o “bajo desgaste”.

13. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la clasificación de la región de desgaste (19) comprende:

- entrenar un sistema de aprendizaje automático de clasificación supervisada con un conjunto de entrenamiento etiquetado;

5 - clasificar, utilizando el sistema entrenado, la región de desgaste (19) representadas por un vector de características de su forma, según presente un alto desgaste o bajo desgaste.

14. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que en la etapa de determinación del estado de la plaquita de corte (10), esta se considera desgastada si el resultado de la clasificación del nivel de desgaste del filo de corte principal (16a) es de “alto desgaste”.

10

15. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende una etapa de adquisición de la imagen digital (9).

15

16. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende una etapa de conversión de la imagen digital (9) a una imagen en escala de grises.

17. Sistema de monitorización del desgaste de plaquitas de corte utilizadas en operaciones de fresado, caracterizado por que comprende:

20

- un sistema de captura de imágenes (2) configurado para adquirir una imagen digital (9) de un cabezal de corte (1) de una máquina fresadora con al menos una plaquita de corte (10);

- un sistema de procesamiento (3) que comprende unos medios de procesamiento de datos configurados para localizar al menos una plaquita de corte (10) en la imagen digital (9) y, para al menos una plaquita de corte (10) localizada:

25

- detectar, en la imagen digital (9), el filo de corte principal (16a) de la plaquita de corte (10);

- recortar una región (17) que contiene el filo de corte principal (16a) detectado, obteniendo una región de desgaste (19);

30

- describir la región de desgaste (19) mediante al menos un descriptor de forma, generando un vector de características;

- clasificar la región de desgaste (19) en dos o más categorías utilizando el vector de características de la región de desgaste (19) y un algoritmo de aprendizaje supervisado;

- determinar el estado de la plaquita de corte (10) en función de la clasificación de la región de desgaste (19).

5 18. Sistema según la reivindicación 17, caracterizado por que el sistema de captura de imágenes (2) comprende una cámara digital (7).

19. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 17 a 18, caracterizado por que el sistema de captura de imágenes (2) comprende un sistema de iluminación (8).

10 20. Sistema según la reivindicación 19, caracterizado por que el sistema de iluminación (8) comprende al menos una barra de luz roja LED.

15 21. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 17 a 20, caracterizado por que el sistema de procesamiento (3) está configurado para localizar la al menos una plaquita de corte (10) en la imagen digital (9) mediante la detección del tornillo (11) de cada plaquita de corte (10).

20 22. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 17 a 21, caracterizado por que el sistema de procesamiento (3) comprende un detector de bordes configurado para realizar la detección del filo de corte principal (16a) de la plaquita de corte (10).

23. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 17 a 22, caracterizado por que para realizar el recorte de la región (17) el sistema de procesamiento (3) está configurado para:

25 - realizar una binarización por umbralización de una región de interés donde se localiza la plaquita de corte (10);

- detectar y eliminar el círculo central correspondiente al tornillo (11) de la plaquita de corte (10);

- detectar los filos de corte (16a, 16b, 16c, 16d) de la plaquita de corte (10);

- recortar una región de desgaste (19) que comprende íntegramente el filo de corte principal (16a) y al menos parcialmente los filos de corte adyacentes (16b, 16c).

30 24. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que para realizar la descripción de la región de desgaste (19) el sistema de procesamiento (3) está configurado para extraer características basadas en al menos un descriptor de la forma de la región de desgaste (19).

25. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 17 a 24, caracterizado por que para realizar la clasificación de la región de desgaste (17) el sistema de procesamiento (3) está configurado para:
- entrenar un sistema de aprendizaje automático con un conjunto de entrenamiento etiquetado;
  - clasificar, utilizando el sistema entrenado, la región desgaste (17) representadas por su vector de características, según presente un alto o bajo desgaste utilizando un método de clasificación supervisada.
26. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 17 a 25, caracterizado por que el sistema de procesamiento (3) está configurado para determinar el estado de la plaquita de corte (10) en función del nivel de desgaste de la región de desgaste.
27. Un producto de programa que comprende medios de instrucciones de programa para llevar a cabo el procedimiento definido en cualquiera de las reivindicaciones 1-16 cuando el programa se ejecuta en un procesador.
28. Un producto de programa según la reivindicación 27, almacenado en un medio de soporte de programas.

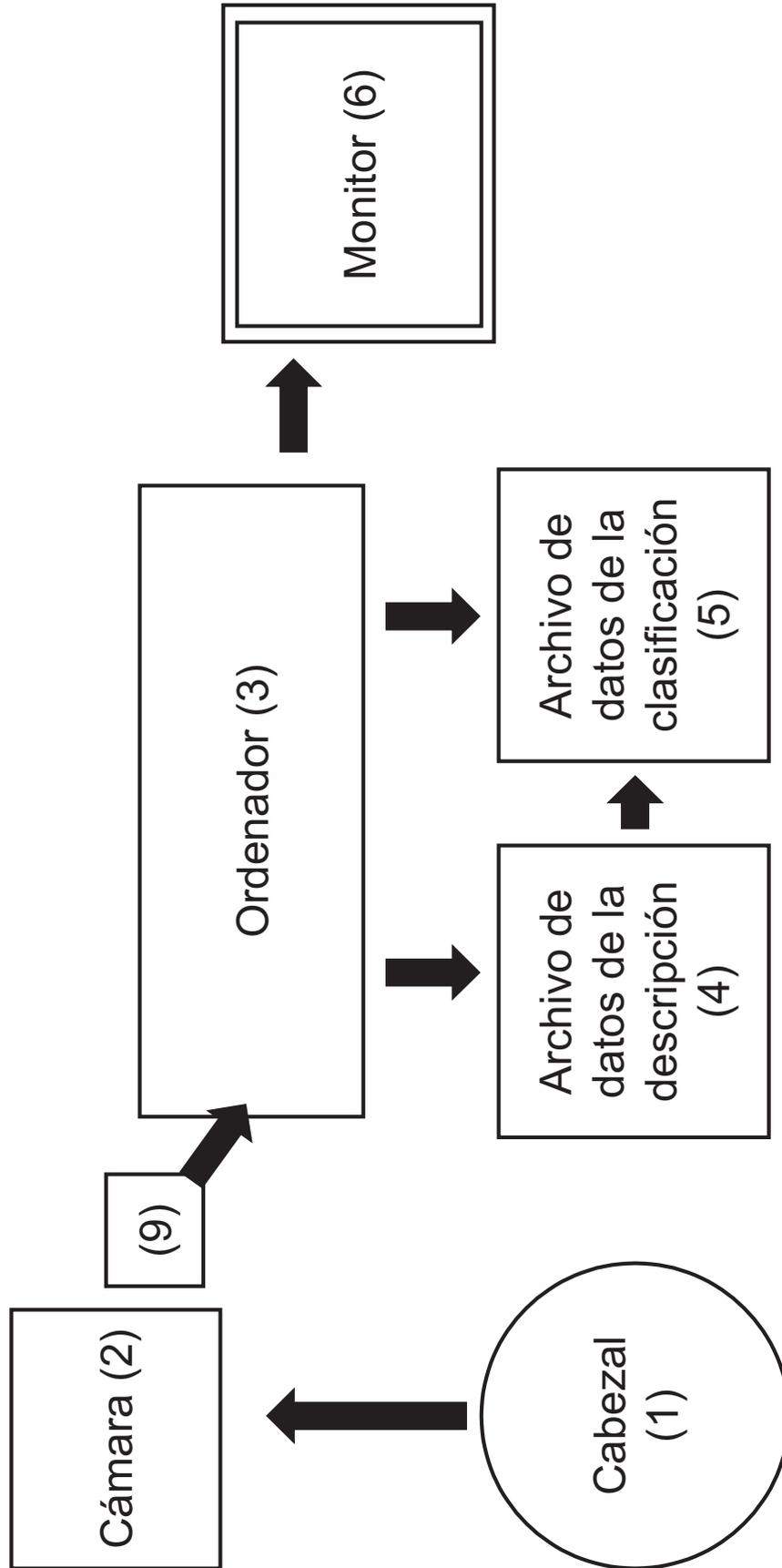


Fig. 1

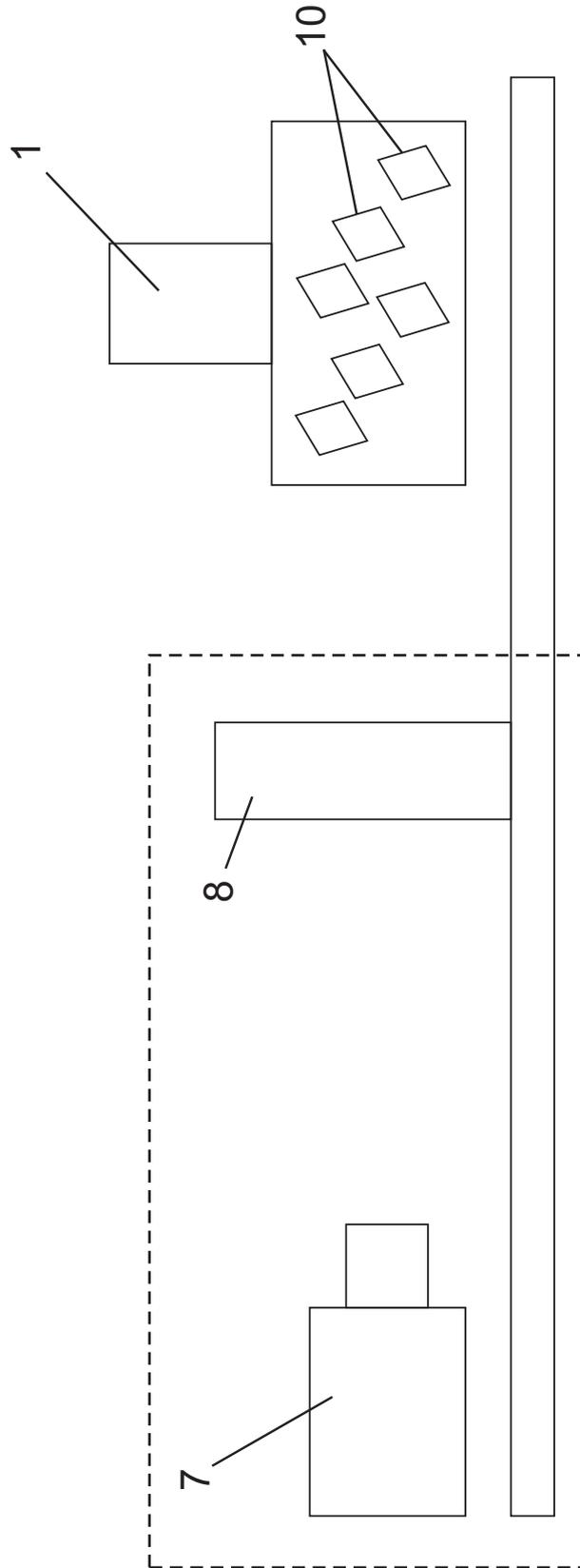


Fig. 2A

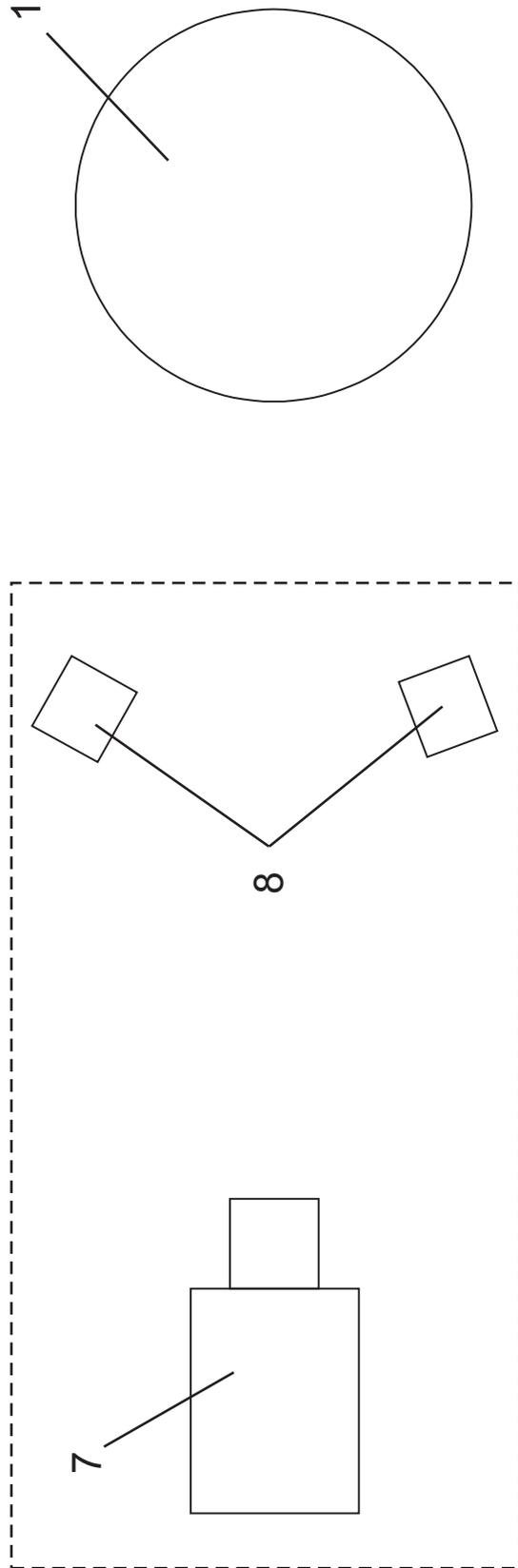


Fig. 2B

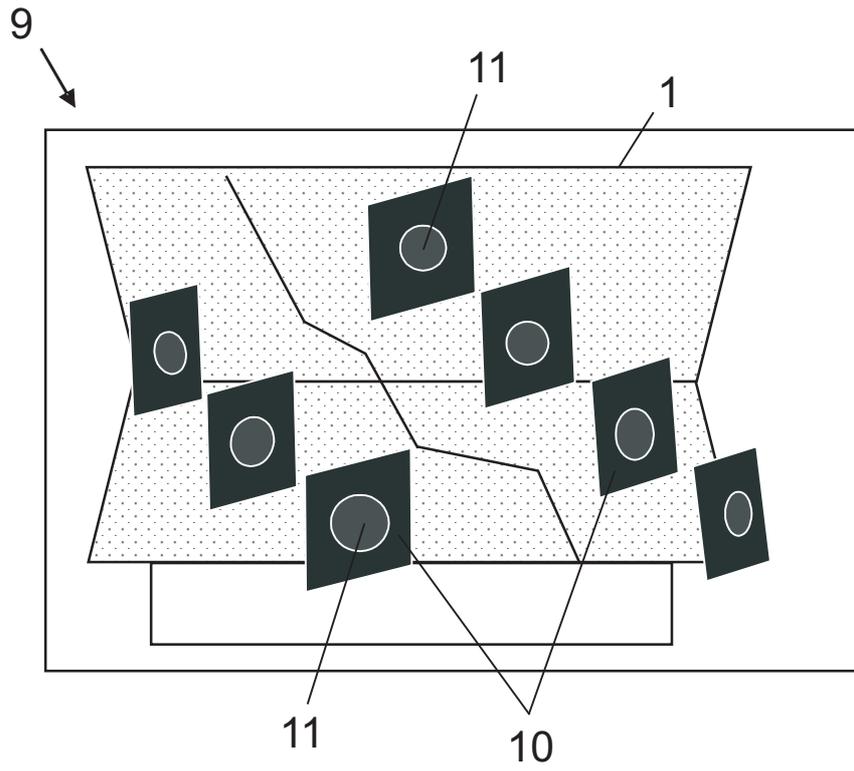


Fig. 3

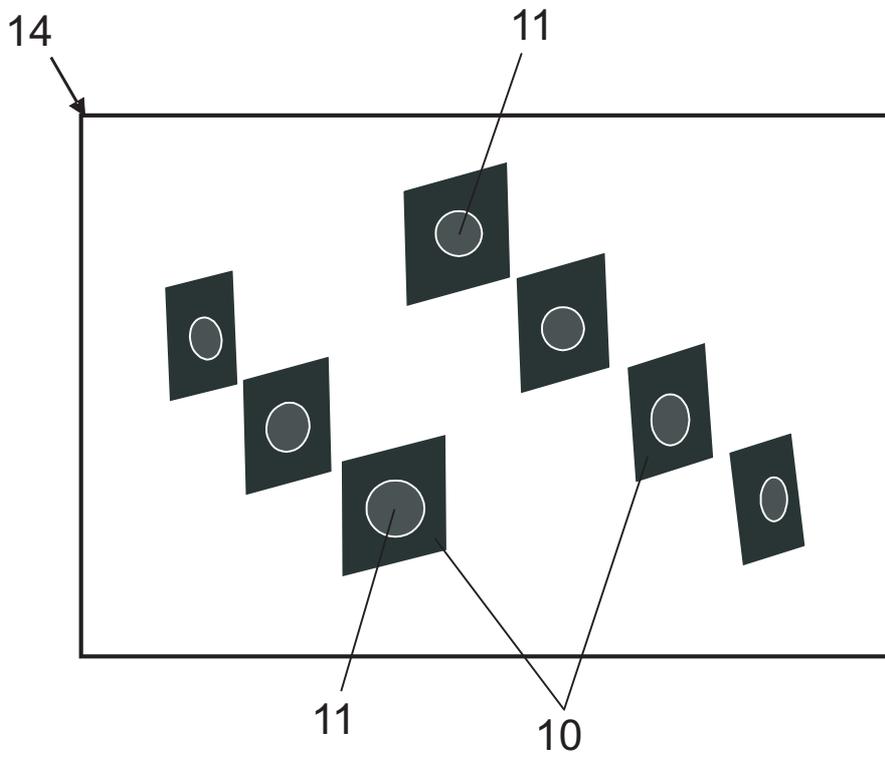


Fig. 4

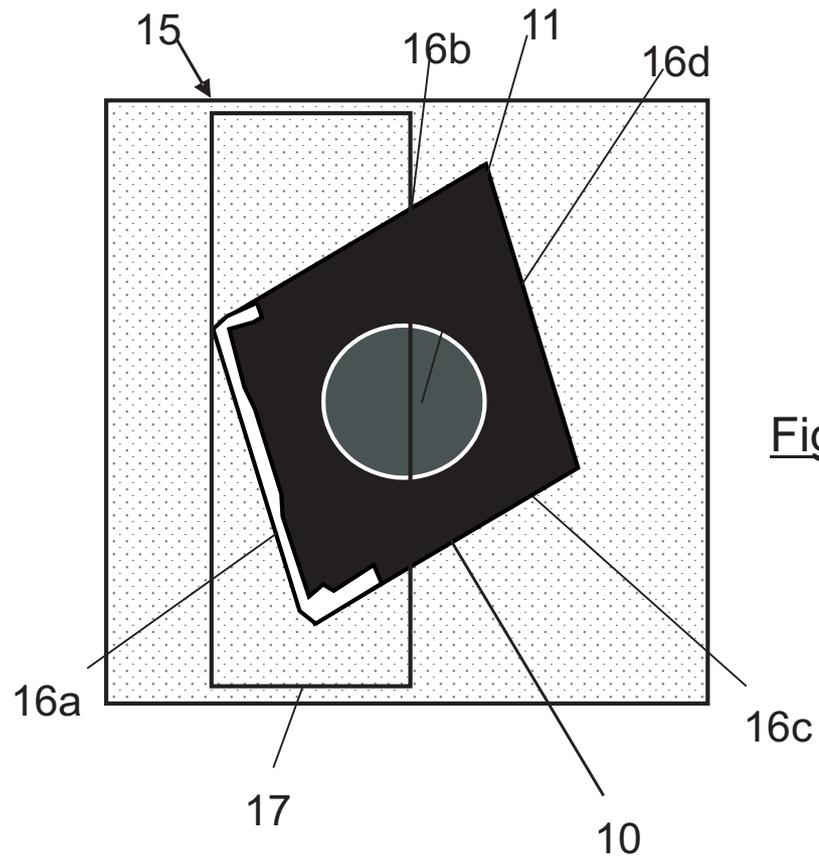


Fig. 5A

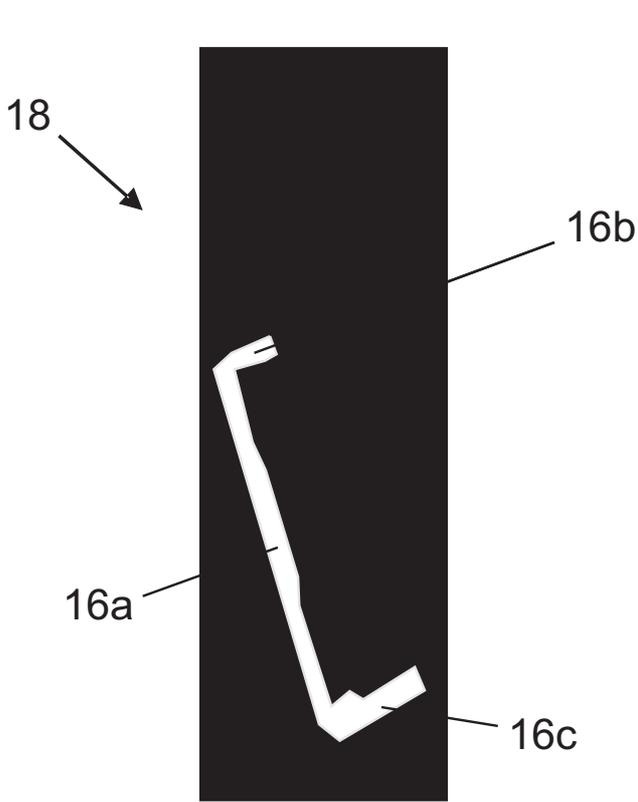


Fig. 5B



Fig. 6



②<sup>1</sup> N.º solicitud: 201730426

②<sup>2</sup> Fecha de presentación de la solicitud: 28.03.2017

③<sup>2</sup> Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤<sup>1</sup> Int. Cl.: **B23Q17/09** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤ <sup>6</sup> Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	US 6249599 B1 (KURODA YOSHIKI) 19/06/2001, Columna 3, línea 7 - columna 4, línea 40; figuras 5,10-13.	1,17,27
A	US 4700224 A (MIYASAKA KANEYOSHI et al.) 13/10/1987, Resumen; figuras.	1,17,27
A	US 4845763 A (BANDYOPADHYAY PULAK et al.) 04/07/1989, Resumen; figuras.	1,17,27

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  
29.09.2017

Examinador  
A. Gómez Sánchez

Página  
1/4

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

B23Q

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: 29.09.2017

**Declaración**

<b>Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-28	<b>SI</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>
<b>Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-28	<b>SI</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>

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 6249599 B1 (KURODA YOSHIKI)	19.06.2001
D02	US 4700224 A (MIYASAKA KANEYOSHI et al.)	13.10.1987
D03	US 4845763 A (BANDYOPADHYAY PULAK et al.)	04.07.1989

**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**

D01 presenta una máquina herramienta que emplea una herramienta con al menos una plaquita donde se detecta cualquier anomalía de la misma en base al valor de luminosidad detectado mediante el análisis de imágenes captadas por un medio de captura de imágenes y una serie de procesos de imágenes para la obtención de la distribución de valores de luminosidad en un área de inspección en torno al filo de corte de la plaquita. En este método se posiciona la plaquita con la ayuda de unos marcadores (referencias M1 y M2) preestablecidos y se compara la imagen una vez digitalizada con un valor umbral.

D02 compara valores de brillo del área de desgaste con los valores de brillo de las áreas adyacentes para determinar también un valor umbral.

Estas divulgaciones no parecen válidas para cuestionar la novedad o la actividad inventiva del objeto de la invención definido por la reivindicación número 1, independiente, que requiere tanto la descripción de la región de desgaste mediante al menos un descriptor de forma, y la consecuente generación de un vector de características; como la clasificación de dicha región de desgaste en dos o más categorías utilizando el vector de características y un algoritmo de aprendizaje supervisado.

Así se considera como novedoso (Art. 6.1 LP) y que supone actividad inventiva (Art. 8.1 LP) al objeto definido por la reivindicación número 1.

Asimismo y en consecuencia se consideran como novedosos (Art. 6.1 LP) y que suponen actividad inventiva (Art. 8.1 LP) los objetos definidos por las reivindicaciones 2 a 16, dependientes de algún modo de la reivindicación número 1.

D01 divulga un sistema de monitorización de las plaquitas de una herramienta que incluye un sistema de iluminación y medios para capturar imágenes pero que requiere un sistema de marcas en la proximidad de las plaquitas y no incluye medios de procesamiento de datos configurados para describir la región de desgaste mediante al menos un descriptor; generar un vector de características y clasificar la región de desgaste en dos o más categorías utilizando el vector de características de la región de desgaste ni un algoritmo de aprendizaje supervisado.

Así se considera que el sistema de monitorización definido por la reivindicación número 17, independiente, es nuevo (Art. 6.1 LP) y que supone actividad inventiva (Art. 8.1 LP)

En consecuencia se consideran como novedosos (Art. 6.1 LP) y que suponen actividad inventiva (Art. 8.1 LP) los objetos definidos por las reivindicaciones 18 a 26, dependientes de algún modo de la reivindicación número 18.

Finalmente se considera como novedoso (Art. 6.1 LP) y que supone actividad inventiva (Art. 8.1 LP) al objeto definido por la reivindicación declarativa número 27 y en consecuencia lo mismo cabe decir para el objeto definido por la reivindicación número 28, también declarativa, dependiente de la anterior.