

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 608 469**

21 Número de solicitud: 201631539

51 Int. Cl.:

**B23Q 17/09** (2006.01)

12

## PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

**30.11.2016**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**11.04.2017**

Fecha de concesión:

**23.01.2018**

45 Fecha de publicación de la concesión:

**30.01.2018**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**ALEGRE GUTIERREZ, Enrique;  
GARCÍA ORDÁS, María Teresa;  
GONZÁLEZ CASTRO, Víctor y  
ALÁIZ RODRÍGUEZ, Rocío**

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**

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 (18a); recortar una región de desgaste (19) que contiene el filo de corte principal (18a); dividir la región de desgaste (19) en una pluralidad de subregiones (22); describir cada una de las subregiones (22) mediante descriptores de textura, generando un vector de características por cada subregión (22); clasificar las subregiones (22) en categorías utilizando el vector de características de las subregiones (22) y un algoritmo de aprendizaje supervisado; determinar el estado de la plaquita de corte (10) en función de la clasificación de las subregiones (22).

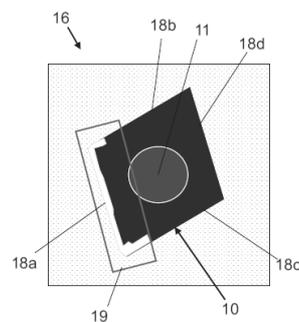


Fig. 5A

ES 2 608 469 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP 11/1986.

**SISTEMA Y PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR EL DESGASTE EN PLAQUITAS DE CORTE UTILIZADAS EN OPERACIONES DE FRESADO**

**DESCRIPCIÓN**

5

**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.

10

**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 este desgaste es crucial para poder reemplazar la herramienta de corte en el momento óptimo, tanto por el coste del cabezal de fresado que habría que sustituir en caso de rotura, como por los costes derivados de la parada no programada de la máquina fresadora o por el coste debido a la no conformidad de las piezas fabricadas. La optimización de estas operaciones de sustitución conlleva una mejora significativa en términos de eficiencia y competitividad de los sistemas de producción.

15

20

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 en tiempo real (Franci Cus, U. Z., "Real-Time Cutting Tool Condition Monitoring in Milling", Journal of Mechanical Engineering, 2011). Otros estudios se basan en la medida de vibraciones (Rmili, W., Ouahabi, A., Serra, R. & Leroy, R., "An automatic system based on vibratory analysis for cutting tool wear monitoring", Measurement, 2016, 77, 117 - 123) o en emplear señales acústicas (T.Suryasekhara Reddy, Dr. C. Eswara Reddy, S.Prabhavathi, "Belief Network Based Acoustic Emission Analysis For Real Time Monitoring In CIM Environment", International Journal of Technology And Engineering System (IJTES), 2010). 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.

25

30

35

También se han propuesto otros métodos de monitorización, como los basados en visión artificial, que miden directamente el desgaste de la herramienta, alcanzando así 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 Pattern Recognition (ICPR), 2014). Otros estudios analizan la textura de las zonas desgastadas y la comparan con la de las zonas 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, y la vida de la herramienta se determina de forma completamente diferente, midiendo el desgaste de flanco medio.

#### 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 escala de grises mediante una estimación del número de subregiones que presentan desgaste caracterizando para ello la superficie mediante técnicas de descripción de textura y clasificándola en desgastada o no, en base a un modelo entrenado mediante un método de aprendizaje supervisado.

El procedimiento de la presente invención permite determinar el desgaste en plaquitas de corte utilizadas en operaciones de fresado a partir de una imagen digital de un cabezal de corte de una máquina fresadora con al menos una plaquita de corte. El procedimiento comprende una primera etapa de localización de al menos una plaquita de 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.
- Dividir la región de desgaste en una pluralidad de subregiones.
- Describir cada una de las subregiones mediante al menos un descriptor de textura, generando un vector de características por cada subregión.
- Clasificar las subregiones en dos o más categorías utilizando el vector de características de las subregiones y un algoritmo de aprendizaje supervisado.

- Determinar el estado de la plaquita de corte en función de la clasificación de las subregiones.

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

10 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. Tanto la región de desgaste recortada como las subregiones preferentemente cubren 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.

15 En una realización preferente de la invención el recorte de la región de desgaste comprende las siguientes etapas:

- Binarización por umbralización de una región de interés donde se localiza la plaquita de corte.
- 20 - Detección y eliminación del círculo central de la plaquita de corte.
- Detección de los fillos de corte de la plaquita de corte.
- Recorte de una región de desgaste que comprende íntegramente el filo de corte principal y al menos parcialmente los fillos de corte adyacentes.

25 La descripción de las subregiones puede comprender la extracción de características basadas en textura utilizando la técnica de los patrones binarios locales. En una realización preferente de la invención, el algoritmo de aprendizaje supervisado empleado en la clasificación de las subregiones es el algoritmo de máquinas de vectores de soporte.

30 Las subregiones se pueden clasificar al menos en desgastadas o intactas. La clasificación de las subregiones puede comprender entrenar un sistema de aprendizaje automático con un conjunto de entrenamiento etiquetado; y clasificar, utilizando el sistema entrenado, las subregiones representadas por su vector de características basado en textura, según sea intacta o desgastada utilizando un método de clasificación supervisada.

35

El estado de la plaquita de corte se puede determinar en función del número o proporción de subregiones clasificadas como desgastadas, así como de la ubicación de las subregiones clasificadas como desgastadas. En la etapa de determinación del estado de la plaquita de corte, ésta se puede considerar desgastada si el número o proporción de subregiones clasificadas como desgastadas supera un determinado umbral. La etapa de determinación del estado de la plaquita de corte puede comprender determinar el nivel de desgaste del filo de corte principal.

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

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 de procesamiento que comprende unos medios de procesamiento de datos configurados para localizar al menos una plaquita de 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;
- Dividir la región de desgaste en una pluralidad de subregiones.
- Describir cada una de las subregiones mediante al menos un descriptor de textura, generando un vector de características por cada subregión.
- Clasificar las subregiones en dos o más categorías utilizando el vector de características de las subregiones y un algoritmo de aprendizaje supervisado.
- Determinar el estado de la plaquita de corte en función de la clasificación de las subregiones.

El sistema de captura de imágenes comprende una cámara digital. El sistema de captura de imágenes puede comprender un sistema de iluminación. En una realización preferente de la invención el sistema de iluminación comprende al menos una barra de luz roja 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 cada plaquita de corte. 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.

5 Un aspecto adicional de la presente invención se refiere a un producto de programa que comprende medios de instrucciones de programa para llevar a cabo el procedimiento previamente definido cuando el programa se ejecuta en un procesador. El producto de programa puede estar almacenado en un medio de soporte de programas.

10 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 sistema es portable, de dimensiones y coste reducidos, aunque con las prestaciones  
15 de un ordenador de gama media, al que se le 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.

20 El procedimiento de la presente invención determina el nivel de desgaste de las plaquitas de corte teniendo en cuenta el número de subregiones clasificadas como desgastadas así como la localización de dicho desgaste, previa descripción mediante el uso de técnicas basadas en texturas. Este procedimiento se aplica a procesos de fresado en la industria de fabricación,  
25 aunque se podría adaptar a otro tipo de procesos de fabricación en los que intervengan este tipo de plaquitas.

30 En la descripción de la presente invención se emplea de manera general el término “imagen” para hacer referencia tanto a imágenes fijas o fotografías, como a cada uno de los fotogramas presentes en 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.
- 35 3. División de la imagen del filo de corte en subregiones.

4. Descripción de las subregiones del filo de corte.

5. Clasificación de las subregiones del filo de corte.

5 En la etapa de adquisición de un conjunto de imágenes 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 una cámara digital y un sistema de iluminación. La 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 adquiriendo imágenes en color y convirtiéndolas a escala de grises. Cada imagen  
10 contiene una o varias plaquitas de corte.

El procedimiento puede comprender una etapa de preprocesamiento de la imagen capturada del cabezal de corte con el fin de mejorar el contraste o convertir la imagen a escala de grises, si fuese necesario. La imagen resultante de esta primera etapa se denominará en adelante  
15 “imagen” o “imagen capturada”, independientemente de si se ha realizado el preprocesamiento o no.

Posteriormente se realiza la localización de las plaquitas de corte y recorte de la región del filo de corte. La obtención de las regiones de interés donde se encuentra cada plaquita de corte se  
20 realiza 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 recorta la región rectangular que va desde el filo de corte hasta la región circular del tornillo de  
25 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 los filos de corte, para mejorar el contraste de la misma y facilitar la operación.

30 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.

A continuación, se realiza la división de las imágenes del filo de corte en subregiones mediante un mallado de la imagen en el que se obtiene un determinado número de subregiones, de acuerdo a múltiples posibles configuraciones de la división. Cada una de las configuraciones de la división de las imágenes del filo de corte presenta el filo de corte a un lado de la imagen, por ejemplo al lado izquierdo, y representan mediante un sector circular, a la derecha del rectángulo recortado, la zona del tornillo de fijación. Las regiones resultantes de la etapa de división en subregiones se denominarán en adelante “subregiones del filo de corte”.

Por último, se procede a la descripción y a la clasificación de las subregiones. La descripción de las subregiones del filo de corte se realiza mediante descriptores de textura aplicados a imágenes digitales en escala de gris, creando así un vector de características por cada subregión. De acuerdo con una realización preferente de la invención, los métodos de descripción óptimos son los que utilizan la técnica de los Patrones Binarios Locales, denominada en inglés Local Binary Patterns (LBP), y métodos derivados de este.

Cada una de las subregiones en las que se divide la región recortada alrededor del filo de corte se clasifica como desgastada o intacta mediante técnicas de clasificación supervisada. De acuerdo con una realización preferente de la invención, los métodos de clasificación supervisada óptimos empleados son las máquinas de vectores soporte, denominados en inglés Support Vector Machines (SVM). Posteriormente, se determina el porcentaje de subregiones desgastadas para cada plaquita de corte, así como la localización de dichas regiones, lo que supone la localización del desgaste.

El procedimiento de clasificación incluye la determinación del porcentaje de subregiones desgastadas para cada plaquita de corte, así como la localización del desgaste. Igualmente, se clasifica la plaquita como intacta, significando que todavía está en condiciones de seguir siendo utilizada, si el número de subregiones no supera un determinado umbral y como desgastada, en caso contrario.

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.

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

A continuación, se pasa a describir 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.

20 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, respectivamente, una vista esquemática en alzado y en planta del sistema de captura de imágenes utilizado en una realización preferente de la invención.

25 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. La Figura 5B ilustra a su vez un recorte de la Figura 5A en una región de desgaste en torno al filo de corte de la plaquita de corte individual. La Figura 5C muestra una representación de las subregiones del filo de corte.

Las Figuras 6A - 6D muestran cuatro ejemplos de la división de la región de desgaste en subregiones.

- 5 La Figura 7 muestra, de manera simplificada, un ejemplo de subdivisión de la región de desgaste en subregiones que funciona mejor para el mecanizado en condiciones severas.

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

10 La **Figura 1** muestra un esquema simplificado de un sistema de monitorización del desgaste de las plaquitas de corte según una posible realización de la presente invención. Las plaquitas de corte 10 cuyo desgaste se va a monitorizar se encuentran atornilladas al cabezal de corte 1 de una máquina fresadora. Un sistema de captura de imágenes 2 se encarga de la adquisición de imágenes digitales 9 del cabezal de corte 1 con las plaquitas de corte 10.

15 El sistema de captura de imágenes 2 comprende, en una realización preferente mostrada en la **Figura 2A** (vista en alzado) y **Figura 2B** (vista en planta), una cámara digital 7 y un sistema de iluminación 8 ubicado en la parte central, entre la cámara digital 7 y el cabezal de corte 1. La adquisición de las imágenes digitales y el procesamiento completo de las imágenes de las plaquitas de corte se realiza durante los momentos en los que la máquina de fresado está en  
20 estado de reposo debido al cambio de las piezas metálicas utilizadas en los procesos de fresado.

Las imágenes digitales 9 capturadas por la cámara digital 7 son enviadas a un sistema de procesamiento 3, bien mediante una conexión USB, mediante una conexión firewire, o bien de  
25 la forma que la cámara digital 7 requiera. El sistema de procesamiento 3 comprende unos medios de procesamiento de datos, preferentemente basados en microprocesador o microcontrolador. El sistema de procesamiento 3 se puede implementar en un sistema portable (e.g. Raspberry Pi, ordenador portátil, tableta, smartphone), en un ordenador de sobremesa o en cualquier otro dispositivo electrónico con la suficiente capacidad de procesamiento de datos.

30 El sistema de procesamiento 3 localiza las plaquitas de corte 10 en las imágenes digitales 9 capturadas y realiza una división de las imágenes en subregiones. El sistema de procesamiento 3 se encarga de realizar una descripción de las distintas subregiones del filo de corte de las plaquitas de corte 10, obteniendo unos descriptores de textura de las subregiones.

Dichos descriptores son almacenados bien en un archivo de datos de la descripción 4, o en una memoria RAM interna del sistema de procesamiento 3.

5 Asimismo, el sistema de procesamiento 3 se encarga de la clasificación de cada una de las subregiones del filo de corte. Los resultados obtenidos en la clasificación, junto con el modelo entrenado, se almacenan bien en un archivo de datos de la clasificación 5, o alternativamente en una memoria RAM interna del sistema de procesamiento 3. Dichos resultados se pueden mostrar al usuario a través de una pantalla de visualización 6. A continuación, se describe cada paso del procedimiento de monitorización del desgaste de las plaquitas de corte de la presente  
10 invención.

En una primera etapa de adquisición de imágenes, el cabezal de corte 1, que tiene las plaquitas de corte 10 montadas, se ilumina y se enfoca con la óptica de la cámara digital 7 para que la imagen aparezca nítida. En una realización preferente de la invención, mostrada en las  
15 Figuras 2A y 2B, el sistema de iluminación 8 comprende dos barras de luz roja LED, puesto que este tipo de iluminación intensifica el contraste entre las zonas claras y oscuras de la imagen, destacando las zonas claras del filo, y produce menos brillos sobre las piezas metálicas. Asimismo, en una realización preferente de la invención el sistema de captura de imágenes 2 está aislado de la luz exterior mediante una pantalla o está ubicado dentro de una  
20 cabina, de manera que se pueda obtener una iluminación uniforme.

A continuación, puede ser necesaria una etapa de preprocesamiento de las imágenes obtenidas, la cual es preferentemente realizada por el propio sistema de captura de imágenes 2 o, alternativamente, por el sistema de procesamiento 3. Si las imágenes adquiridas son  
25 imágenes en color, en la realización preferente de la invención se convierten a imágenes de escala de grises. Para mejorar el contraste se puede utilizar cualquier método de ecualización o mejora del contraste de la imagen.

El resultado de esta primera etapa de adquisición de imágenes es la imagen representada en  
30 el ejemplo de la **Figura 3**, que muestra la imagen digital 9 capturada (con o sin preprocesamiento) por el sistema de captura de imágenes 2, donde 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. Las plaquitas de corte tienen normalmente tres o cuatro filos de corte plano para atacar el  
35 material.

A continuación, el sistema de procesamiento 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 la plaquita de corte 10. En una realización preferente de la invención se utiliza un método de detección de objetos basado en la forma y que requiere de entrenamiento, como es la utilización de Histogramas de Gradientes Orientados (HOG). La detección de los tornillos 11 también puede realizarse con cualquier otro método de detección de objetos entrenado específicamente con las imágenes utilizadas. A continuación, se aplica un detector de bordes que permite localizar los fillos de la plaquita de corte 10 para obtener una imagen 14 donde se localizan cada una de las plaquitas de corte 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. Posteriormente se detecta el filo de corte principal y se recorta, para cada plaquita, la región de interés donde se estudiará el desgaste. En una realización preferente de la invención el filtro de bordes de Canny es el método usado, aunque se pueden utilizar otros métodos modificando el post-procesamiento.

De la imagen 14, donde aparecen todas las plaquitas individuales localizadas, se separa cada plaquita de corte 10 de manera individual, obteniendo una imagen de plaquita individual 16 para cada plaquita de corte 10, como se muestra en el ejemplo de la **Figura 5A**. Posteriormente, se detectan las líneas rectas presentes en cada imagen de plaquita individual 16 para encontrar el filo de corte principal 18a de las distintas plaquitas de corte 10. Cada plaquita de corte 10 normalmente dispone de tres o cuatro fillos de corte. Todos los fillos de corte se pueden utilizar para mecanizar, dependiendo del montaje de la plaquita de corte se usará uno u otro filo de corte. En la Figura 5A se muestra una paquita de corte 10 con cuatro fillos de corte (18a, 18b, 18c, 18d). Se indica como filo de corte principal 18a aquel filo de corte que se está utilizando en ese momento para el mecanizado de la pieza, dependiendo de la posición de la plaquita de corte 10 y el sentido de rotación del cabezal de corte 1. En la Figura 5A el filo de corte principal 18a es el filo de la izquierda. El resto de fillos (fillo de corte superior 18b, fillo de corte inferior 18c y fillo de corte opuesto 18d), son aquellos fillos que no se están utilizando en ese momento para el mecanizado. El filo de corte principal 18a es el que debe inspeccionarse preferentemente porque se está utilizando actualmente y puede colapsar. El filo de corte principal 18a es por tanto el filo que hay que determinar que está en condiciones de seguir cortando. Si se determina que no está en buenas condiciones para seguir cortando, se puede girar la plaquita de corte 10 para seleccionar otro filo de corte (18b, 18c, 18d) en buen estado, el cual pasaría en ese caso a ser filo de corte principal.

Alternativamente, se puede reemplazar la plaquita de corte 10 si no queda ningún filo de corte intacto en la plaquita.

5 Para ello se emplea un método de detección de líneas, como por ejemplo la transformada estándar de Hough (SHT). Finalmente, cada imagen de bordes de plaquita individual 16 se recorta en una región de desgaste 19 en torno al filo de corte principal 18a, el cual se obtiene tomando como referencia la línea con mayor ángulo respecto al eje horizontal situada más a la izquierda de cada plaquita de corte 10, que corresponde al filo de corte debido al sentido de la rotación de las máquinas de fresado, generando la imagen del filo de corte principal 20 para  
10 cada plaquita de corte 10. El resultado de este recorte se muestra de modo simplificado en la **Figura 5B**.

Una vez obtenida la imagen del filo de corte principal 20, el siguiente paso consiste en dividir esta imagen en varias subregiones 22 para posteriormente describir cada una de ellas de  
15 manera independiente, como se muestra en la **Figura 5C** (en este caso, se ha dividido en cuatro subregiones 22). Se pretende caracterizar de esta forma el desgaste presente en diferentes subregiones 22 de la plaquita de corte 10 describiendo para ello su textura. Las subregiones 22 pueden tener diferentes tamaños y orientaciones. La elección de la configuración concreta de número, tamaños y orientaciones de las subregiones se realiza en  
20 función del problema de mecanizado al que hay que adaptarse.

En las **Figuras 6A-6D** se muestran, a modo de ejemplo, cuatro diferentes configuraciones de la división de la región de desgaste en subregiones 22. Cada una de las configuraciones mostradas en dicha figura presentan el filo de corte principal 18a al lado izquierdo. En el lado  
25 derecho del rectángulo recortado se representa una región semicircular donde se ubica el tornillo 11 que fija la plaquita de corte 10 al cabezal 1. Tangencialmente a dicha región semicircular se representa, mediante línea de trazos 23, el límite de la superficie que se analiza para cada plaquita de corte 10. Los distintos rectángulos son configuraciones preferentes de la disposición y tamaño de las subregiones 22 de la región de desgaste 19 en torno al filo de corte  
30 principal 18a.

En la **Figura 7** se ilustra el esquema que, en base a los experimentos realizados, funciona mejor para el mecanizado en condiciones severas. En este ejemplo se ha seleccionado, en la imagen del filo de corte principal 20, una franja vertical correspondiente con la zona del  
35 filo de corte principal 18a, la cual se ha dividido en nueve subregiones 22. También se han

seleccionado las zonas correspondientes al filo superior e inferior para evaluar la información de desgaste que se encuentra en esas zonas superior e inferior, dando como resultado final la división en once subregiones 22 cuyo esquema simplificado aparece en dicha figura. Puede verse que se subdivide primeramente la franja izquierda en nueve regiones de igual ancho y área y que posteriormente se crean dos nuevas subregiones, en la parte superior e inferior, siendo estas más anchas y estrechas que las anteriores.

Posteriormente cada una de las subregiones 22 se describe mediante un vector de características que las representan. El descriptor utilizado en la realización preferente de esta invención es el de los patrones binarios locales (Local Binary Patterns (LBP)). Este descriptor es un operador de textura que etiqueta cada píxel de la imagen analizando su vecindario, estudiando si el nivel de gris de cada píxel supera un determinado umbral y codificando dicha comparación mediante un valor binario. Para calcular LBP en una imagen en escala de grises se emplea la ecuación:

15

$$LBP_{P,R} = \sum_{p=0}^{P-1} s(g_p - g_c) 2^p, s(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } x \geq 0 \\ 0 & \text{si } x < 0 \end{cases}$$

Donde  $P$  es el número de vecinos que se van a considerar,  $R$  es el tamaño del vecindario y,  $g_c$  y  $g_p$  son los valores del nivel de gris del píxel central y de cada uno de los  $P$  píxeles del vecindario respectivamente.

Al finalizar esta etapa, se dispone de un vector de características para cada una de las subregiones 22 del filo de corte.

A continuación, se realiza una clasificación de las subregiones 22 del filo de corte. Cada uno de los vectores de características calculados se clasifica utilizando algún método de aprendizaje supervisado entrenado previamente. Esta clasificación devuelve, para cada vector de características, un valor binario, que determina si la subregión del filo de corte presenta desgaste o no. Tras realizarse la clasificación, se determina el número de regiones desgastadas, que va a ser el valor que defina el estado de la plaquita de corte. Adicionalmente, se especifica la localización de las mismas, bien en el filo de corte principal 18a, o en las zonas de la región de desgaste 19 correspondientes a los fillos de corte

adyacentes (filo de corte superior 18b e inferior 18c), que también pueden presentar desgaste motivado por haber sido el filo utilizado para corte en un mecanizado anterior.

5 Por último, el procedimiento puede incluir la identificación del estado global de la plaquita de corte 10. Para ello se determina, a partir del número de subregiones 22 de desgaste que se encuentran en la imagen del filo de corte principal 20, la proporción de desgaste que tiene la plaquita de corte 10, de forma que si esta proporción de desgaste supera un determinado umbral la plaquita de corte 10 se clasifica como desgastada y, en caso contrario, se considera que pertenece a la categoría de plaquita de corte intacta. Alternativamente, para la  
10 identificación del estado global de la plaquita de corte en lugar de una proporción de desgaste se puede considerar el número de subregiones clasificadas como desgastadas. En una realización preferente de esta invención se utiliza como umbral un valor de entre tres y cinco subregiones.

15

## REIVINDICACIONES

- 5 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:
- 10 - detectar, en la imagen digital (9), el filo de corte principal (18a) de la plaquita de corte (10);
  - recortar una región de desgaste (19) que contiene el filo de corte principal (18a) detectado;
  - dividir la región de desgaste (19) en una pluralidad de subregiones (22);
  - describir cada una las subregiones (22) mediante al menos un descriptor de textura,
  - 15 generando un vector de características por cada subregión (22);
  - clasificar las subregiones (22) en dos o más categorías utilizando el vector de características de las subregiones (22) y un algoritmo de aprendizaje supervisado;
  - determinar el estado de la plaquita de corte (10) en función de la clasificación de las subregiones (22).
  - 20
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).
- 25 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.
- 30
5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la detección del filo de corte principal (18a) de la plaquita de corte (10) se realiza mediante un detector de bordes.
- 35 6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que

tanto la región de desgaste (19) recortada como las subregiones (22) cubren íntegramente el filo de corte principal (18a) y al menos parcialmente los fillos de corte adyacentes (18b, 18c).

5 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 (18a) y de los fillos de corte adyacentes (18b, 18c).

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

- 10 - binarización por umbralización de una región de interés donde se localiza la plaquita de corte (10);
- detección y eliminación del círculo central de la plaquita de corte (10);
  - detección de los fillos de corte (18a, 18b, 18c, 18d) de la plaquita de corte (10);
  - recorte de una región de desgaste (19) que comprende íntegramente el filo de corte
- 15 principal (18a) y al menos parcialmente los fillos de corte adyacentes (18b, 18c).

9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la descripción de las subregiones (22) comprende la extracción de características basadas en textura utilizando la técnica de los patrones binarios locales.

20 10. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el algoritmo de aprendizaje supervisado empleado en la clasificación de las subregiones (22) es el de máquinas de vectores de soporte.

25 11. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que las subregiones (22) se clasifican al menos en desgastadas o intactas.

12. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la clasificación de las subregiones (22) comprende:

- 30 - entrenar un sistema de aprendizaje automático con un conjunto de entrenamiento etiquetado;
- clasificar, utilizando el sistema entrenado, las subregiones (22) representadas por su vector de características basadas en textura, según sea intacta o desgastada utilizando un método de clasificación supervisada.

35

13. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el estado de la plaquita de corte (10) se determina en función del número o proporción de subregiones (22) clasificadas como desgastadas, así como de la ubicación de las subregiones (22) clasificadas como desgastadas.

5

14. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que en la etapa de determinación del estado de la plaquita de corte (10), ésta se considera desgastada si el número o proporción de subregiones (22) clasificadas como desgastadas supera un determinado umbral.

10

15. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, 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 (18a).

15

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

17. 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.

20

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

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);

25

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:

- detectar, en la imagen digital (9), el filo de corte principal (18a) de la plaquita de corte (10);

30

- recortar una región de desgaste (19) que contiene el filo de corte principal (18a) detectado;

- dividir la región de desgaste (19) en una pluralidad de subregiones (22);

- describir cada una las subregiones (22) mediante al menos un descriptor de

35

textura, generando un vector de características por cada subregión (22);

- clasificar las subregiones (22) en dos o más categorías utilizando el vector de características de las subregiones (22) y un algoritmo de aprendizaje supervisado;
- determinar el estado de la plaquita de corte (10) en función de la clasificación de las subregiones (22).

5

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

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

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

15 22. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 18 a 21, 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 23. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 18 a 22, caracterizado por que el sistema de procesamiento (3) comprende un detector de bordes configurado para realizar la detección del filo de corte principal (18a) de la plaquita de corte (10).

25 24. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 18 a 23, caracterizado por que para realizar el recorte de la región de desgaste (19) el sistema de procesamiento (3) está configurado para:

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

- detectar y eliminar el círculo central de la plaquita de corte (10);

30 - detectar los filos de corte (18a, 18b, 18c, 18d) de la plaquita de corte (10);

- recortar una región de desgaste (19) que comprende íntegramente el filo de corte principal (18a) y al menos parcialmente los filos de corte adyacentes (18b, 18c).

35 25. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que para realizar la descripción de las subregiones (22) el sistema de procesamiento (3) está

configurado para extraer características basadas en textura utilizando la técnica de los patrones binarios locales.

5 26. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 18 a 25, caracterizado por que para realizar la clasificación de las subregiones (22) el sistema de procesamiento (3) está configurado para:

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

10 - clasificar, utilizando el sistema entrenado, las subregiones (22) representadas por su vector de características, según sea intacta o desgastada utilizando un método de clasificación supervisada.

15 27. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 18 a 26, caracterizado por que el sistema de procesamiento (3) está configurado para determinar el estado de la plaquita de corte (10) en función del número o proporción de subregiones (22) clasificadas como desgastadas, así como de la ubicación de las subregiones (22) clasificadas como desgastadas.

20 28. Un producto de programa que comprende medios de instrucciones de programa para llevar a cabo el procedimiento definido en cualquiera de las reivindicaciones 1-17 cuando el programa se ejecuta en un procesador.

29. Un producto de programa según la reivindicación 28, almacenado en un medio de soporte de programas.

25

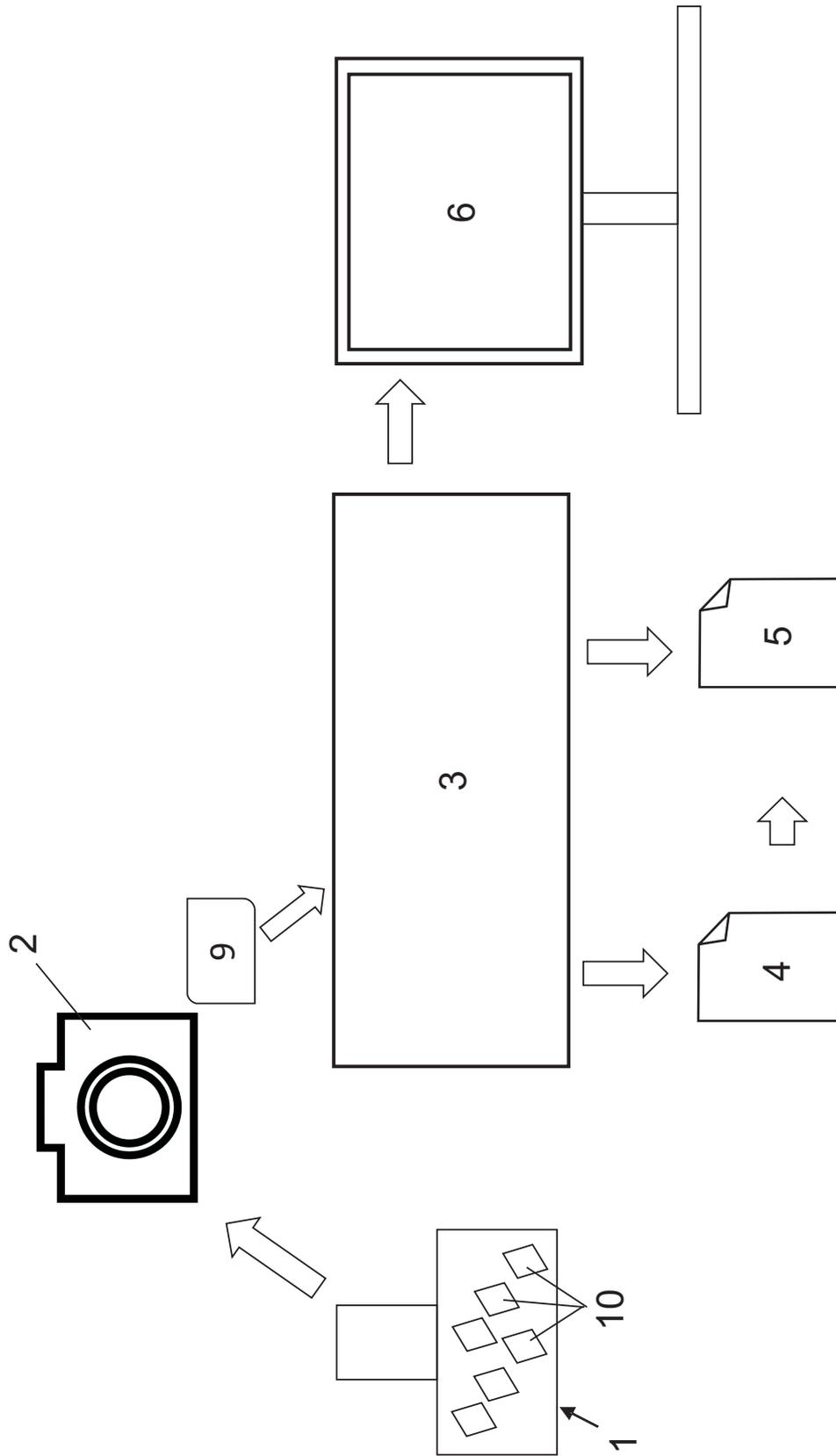


Fig. 1

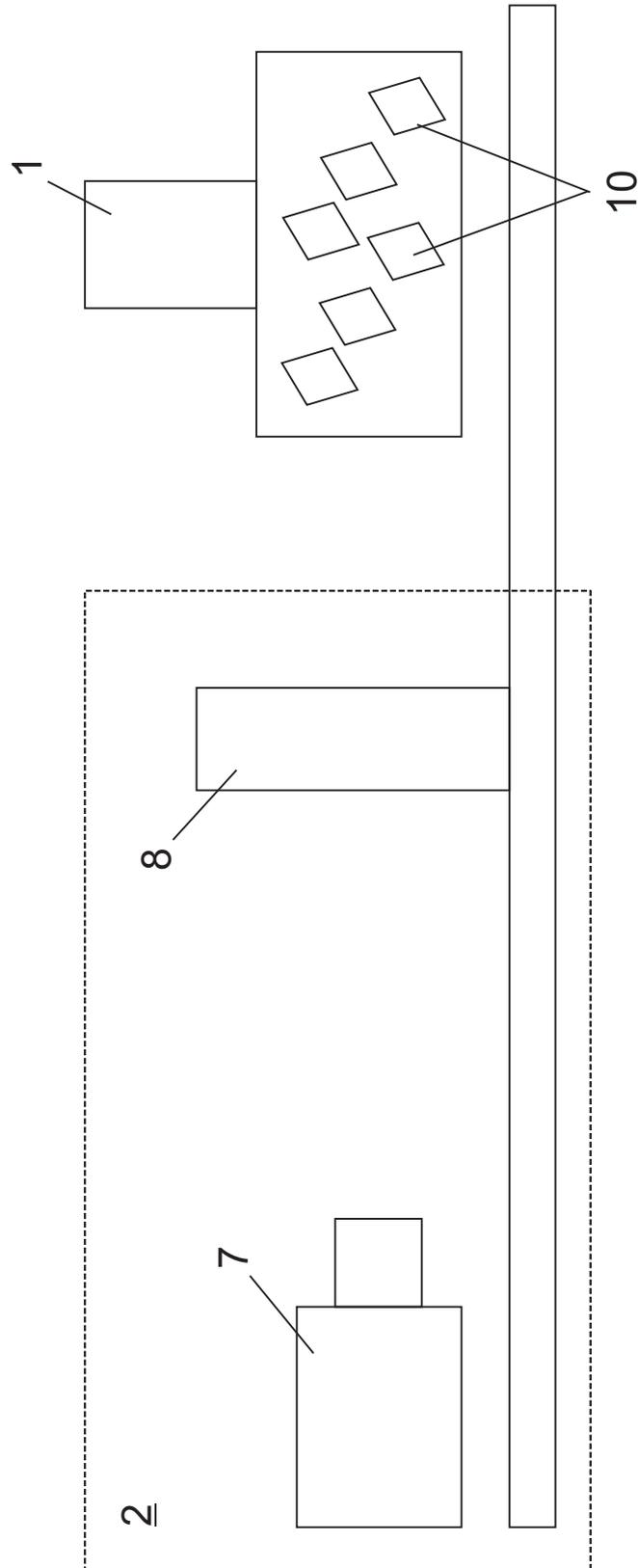


Fig. 2A

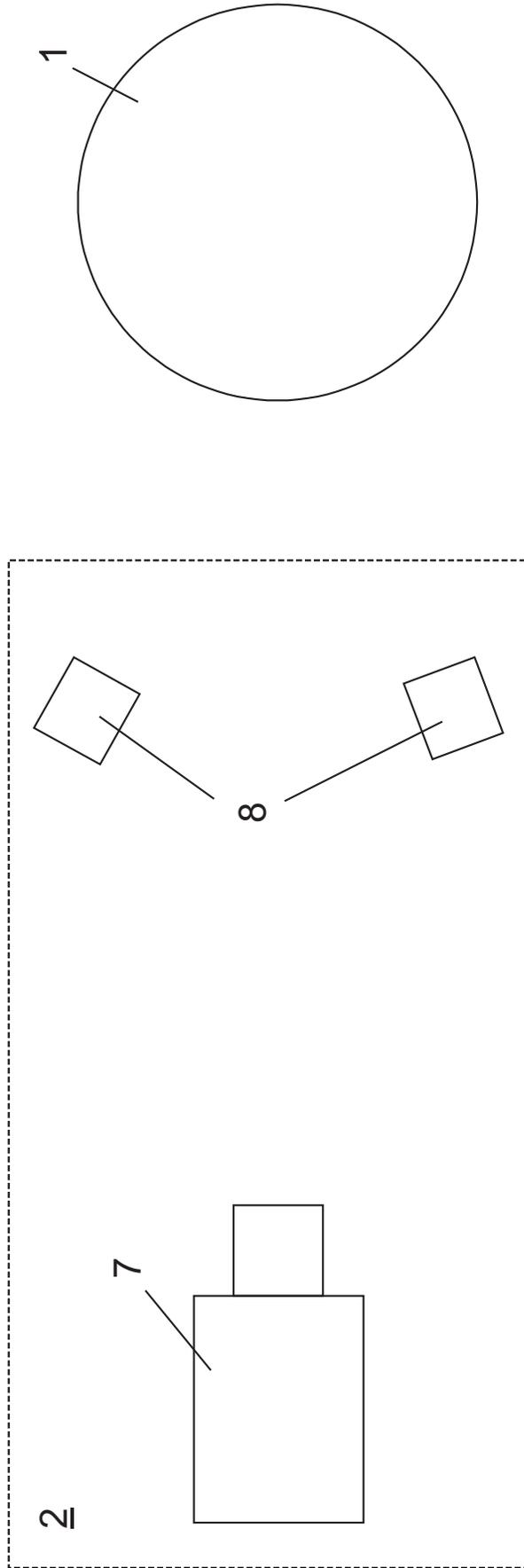


Fig. 2B

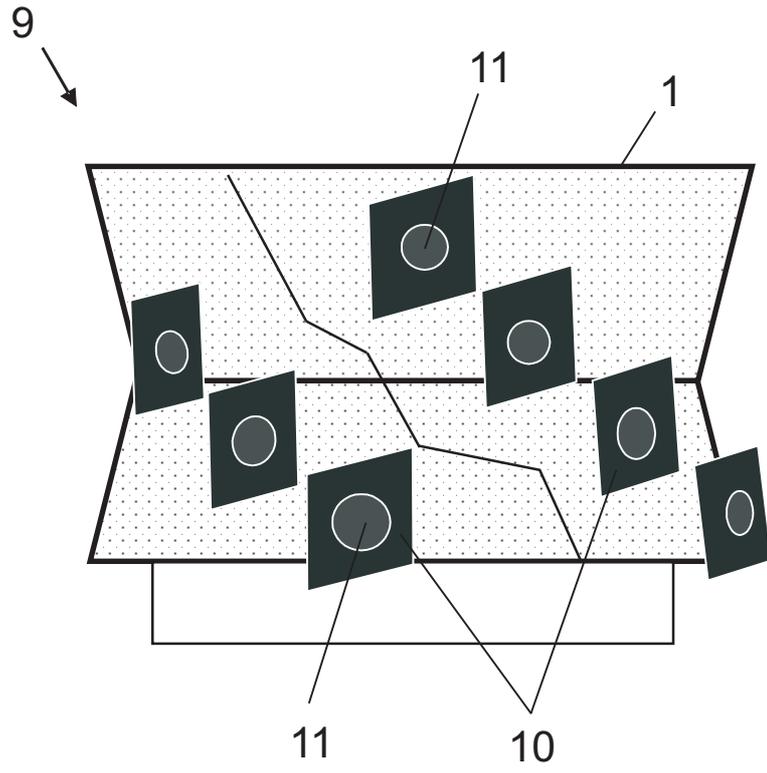


Fig. 3

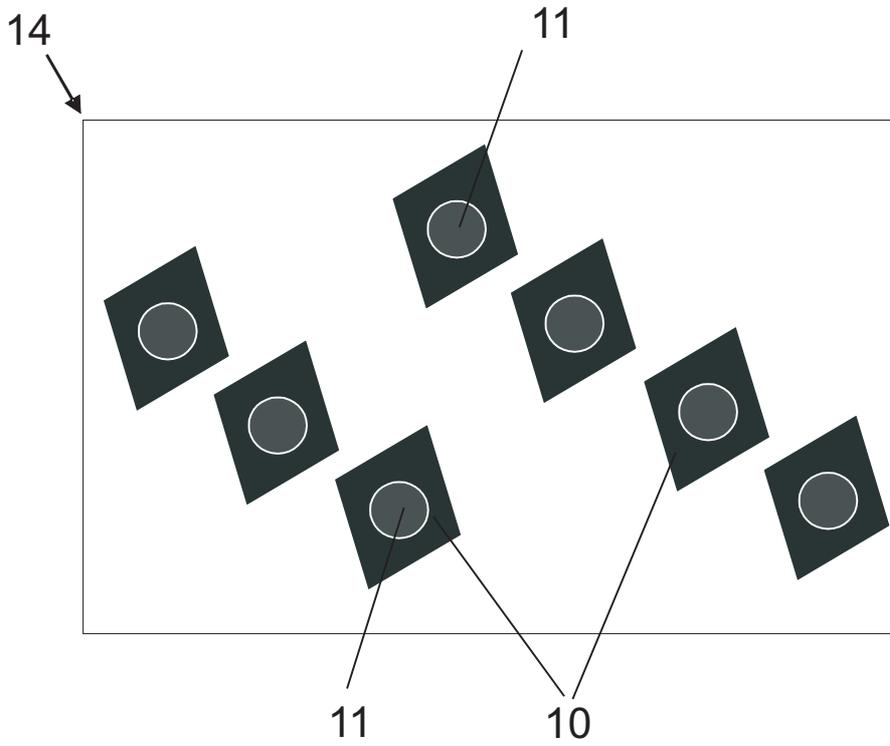


Fig. 4

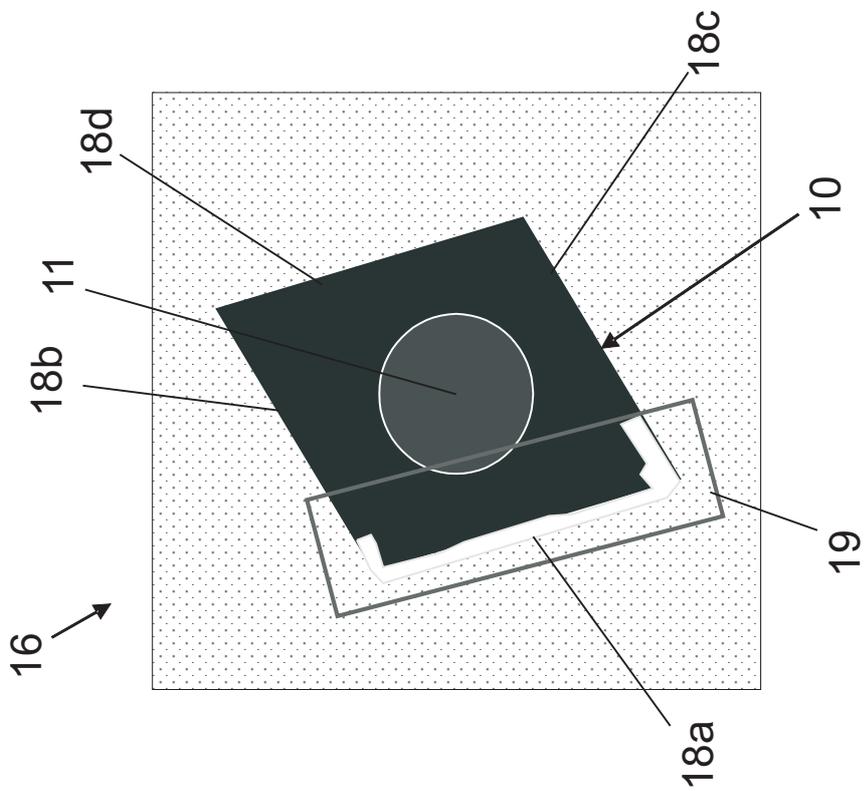


Fig. 5A

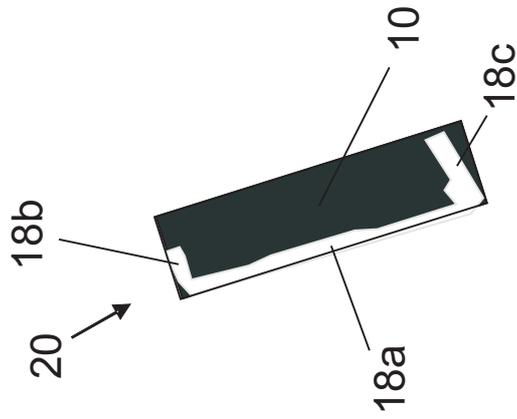


Fig. 5B

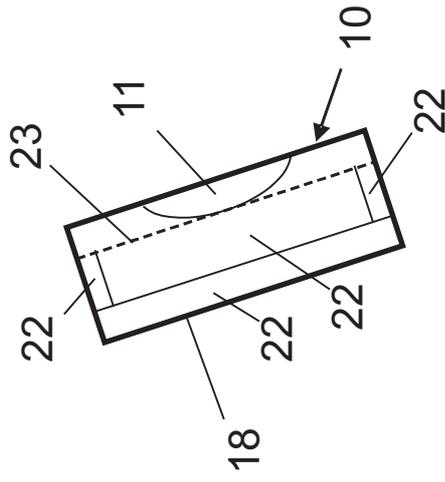


Fig. 5C

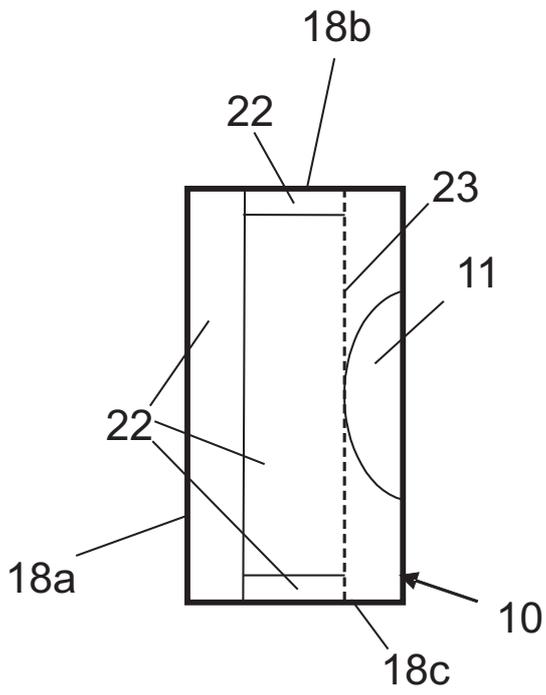


Fig. 6A

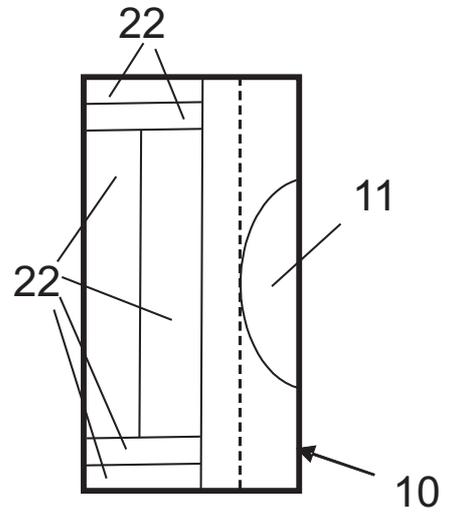


Fig. 6B

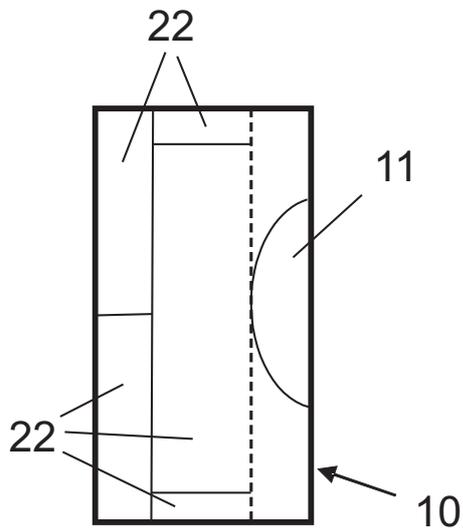


Fig. 6C

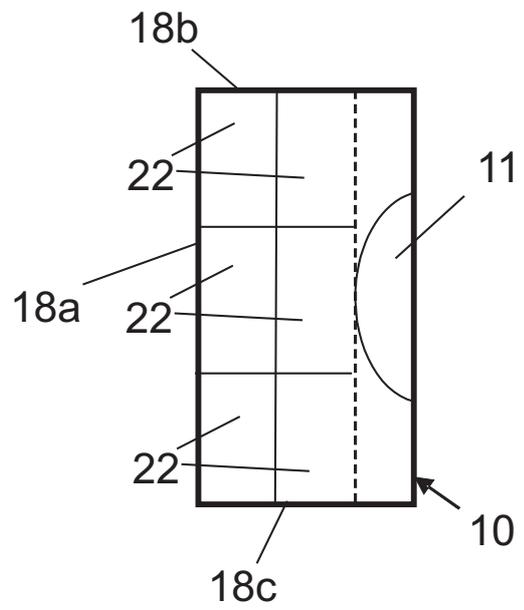


Fig. 6D

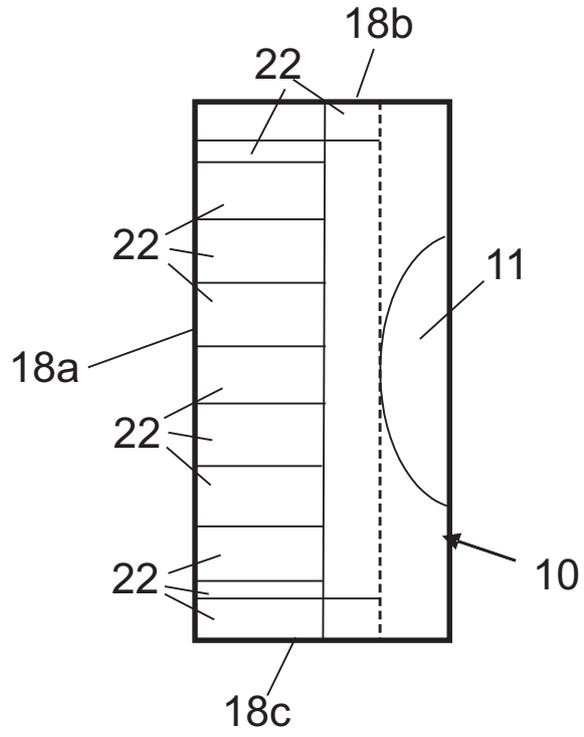


Fig. 7



②<sup>1</sup> N.º solicitud: 201631539

②<sup>2</sup> Fecha de presentación de la solicitud: 30.11.2016

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	⑥ <sup>1</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.	1,18,28
A	US 4700224 A (MIYASAKA KANEYOSHI et al.) 13/10/1987, Resumen; figuras.	1,18,28
A	US 4845763 A (BANDYOPADHYAY PULAK et al.) 04/07/1989, Resumen; figuras.	1,18,28

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  
27.03.2017

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: 27.03.2017

**Declaración**

<b>Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-29	<b>SI</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>
<b>Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-29	<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 YOSHIAKI)	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.

Esta divulgación no parece válida para cuestionar la novedad o la actividad inventiva del objeto de la invención definido por la reivindicación número 1, independiente, que requiere la definición de una serie de subregiones predeterminadas clasificadas por un descriptor de textura y un algoritmo de aprendizaje.

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 17, 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 o bien un proceso de interpolación entre las imágenes capturadas.

Así se considera que el sistema de monitorización definido por la reivindicación número 18, 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 19 a 27, 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 28 y en consecuencia lo mismo cabe decir para el objeto definido por la reivindicación número 29, también declarativa, dependiente de la anterior.