

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 974 815**

51 Int. Cl.:

**B26D 5/00** (2006.01)

**B26F 1/38** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.03.2021 PCT/FR2021/050499**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.10.2021 WO21198586**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.03.2021 E 21716809 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.11.2023 EP 4093584**

54 Título: **Procedimiento de determinación de componentes de un torsor de acciones mecánicas en el punto guía de una cuchilla de corte para una máquina de corte**

30 Prioridad:

**31.03.2020 FR 2003227**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**01.07.2024**

73 Titular/es:

**LECTRA (16.6%)  
16 18 Rue Chalgrin  
75016 Paris, FR;  
AMVALOR (16.6%);  
UNIVERSITE DE BORDEAUX (16.6%);  
INSTITUT POLYTECHNIQUE DE BORDEAUX  
(16.6%);  
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE (16.6%) y  
ECOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARTS ET  
MÉTIERS (ENSAM) (16.6%)**

72 Inventor/es:

**CHABIRAND-GARCONNET, DIDIER;  
CAHUC, OLIVIER;  
COSSON-COCHE, QUENTIN;  
DARNIS, PHILIPPE;  
LAHEURTE, RAYNALD y  
TEISSANDIER, DENIS**

74 Agente/Representante:

**VEIGA SERRANO, Mikel**

ES 2 974 815 T3

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

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento de determinación de componentes de un torsor de acciones mecánicas en el punto guía de una cuchilla de corte para una máquina de corte

5

### Sector de la técnica

La presente invención se refiere al campo general del corte automático mediante una cuchilla vibratoria de un material flexible colocado sobre una mesa de corte en forma de una única capa o de un apilamiento de capas. Trata, más específicamente, de un procedimiento de determinación de componentes de un torsor de acciones mecánicas en el punto de guía de una cuchilla de corte de este tipo.

10

### Estado de la técnica

Un campo de aplicación de la invención es el del corte automático de piezas de un material flexible textil o no textil (como el cuero), en particular, en la industria de la confección, del mueble y de la tapicería de automóviles.

15

Un procedimiento conocido para el corte automático de piezas en un material flexible consiste en llevar el material sobre un soporte de corte fijo o móvil de la mesa de corte, en forma de una única capa o de un apilamiento de capas formando un colchón, y en cortar las piezas por medio de un cabezal de corte que se desplaza por encima del soporte de corte de la mesa. El cabezal de corte lleva en concreto una cuchilla vibratoria de acero que se pone en vibración verticalmente según el sentido de su filo cortante con el fin de cortar el material.

20

En el transcurso de esta puesta en vibración vertical y durante el corte del material, la cuchilla de corte está sometida a numerosas fuerzas que afectan a la calidad de los bordes cortados de las piezas. En particular, estas fuerzas tienen un impacto directo en la calidad del corte y en la geometría de las piezas cortadas en toda la altura del material, concretamente, cuando este está formado de un apilamiento de capas.

25

También, para poder actuar sobre en los parámetros de corte y en la orientación de la cuchilla, es necesario conocer lo mejor posible las deformaciones experimentadas por la cuchilla de corte.

30

A tal efecto, se conoce el posicionar un sensor de flexión al nivel del pie de prensado del cabezal de corte. De esta forma, este sensor permite recopilar datos relativos a la flexión lateral de la cuchilla de corte y actuar así sobre los parámetros de corte y de orientación de la cuchilla para corregirla. Por ejemplo, se podría hacer referencia a la solicitud de patente IT 102017000023745 a nombre de Morgan Tecnica.

35

Sin embargo, estos datos no son suficientes y no tienen en cuenta todas las fuerzas que experimenta la cuchilla de corte. El documento US3849712 A divulga una máquina herramienta con control digital adaptativo.

40

### Objeto de la invención

El objetivo principal de la presente invención es, por tanto, proponer un procedimiento que permita determinar el conjunto de fuerzas experimentadas por la cuchilla de corte para permitir un control más preciso y autónomo del corte.

45

Conforme a la invención, este objetivo se consigue gracias a un procedimiento de determinación de componentes de un torsor de acciones mecánicas en el punto de guía de una cuchilla de corte para una máquina de corte, guiándose la cuchilla en un pie de prensado de un cabezal de corte de la máquina, comprendiendo el procedimiento:

- la colocación de un dinamómetro de 6 componentes en el pie de prensado, comprendiendo el dinamómetro una pluralidad de sensores capaces de determinar una fuerza frontal, una fuerza lateral, un momento de balanceo, un momento de cabeceo y un momento de guiñada de la cuchilla de corte;
- el establecimiento de una matriz de calibración del dinamómetro; y
- la determinación de las fuerzas tridimensionales experimentadas por la cuchilla de corte a partir de las mediciones obtenidas por los sensores y la matriz de calibración.

50

El procedimiento según la invención destaca por que permite determinar las fuerzas experimentadas por la cuchilla en las tres direcciones a partir de un dinamómetro instalado en el pie de prensado del cabezal de corte. En particular, se pueden determinar cinco de las seis componentes del torsor de acciones mecánicas en el punto de guía de la cuchilla, a saber: fuerza frontal, fuerza lateral, momento de balanceo, momento de cabeceo y momento de guiñada (excluyéndose la fuerza que sigue el eje principal de la cuchilla).

60

De esta forma, a partir de estos datos, es posible garantizar un control particularmente preciso y autónomo de los parámetros de corte con el fin de corregir los defectos.

65

Preferentemente, la etapa de elaboración la matriz de calibración del dinamómetro comprende la elaboración de una matriz de calibración teórica de los sensores del dinamómetro con diferentes sollicitaciones teóricas en función de las

6 componentes del dinamómetro.

También preferentemente, la etapa de elaboración de la matriz de calibración del dinamómetro además comprende, a partir de la matriz de calibración teórica y de mediciones reales de respuesta de los sensores del dinamómetro, el cálculo de una matriz de respuesta de los sensores del dinamómetro con diferentes sollicitaciones reales en función de las 6 componentes del dinamómetro.

La matriz de respuesta de los sensores del dinamómetro se puede calcular mediante un método de optimización lineal.

En un modo de realización, el dinamómetro comprende tres sensores piezoeléctricos triaxiales que están montados en el pie de prensado estando distribuidos alrededor de un eje longitudinal de la cuchilla.

En un segundo modo de realización, el dinamómetro comprende al menos tres, y preferentemente seis, puentes de galgas extensométricas acoplados que están montados sobre unos ramales del pie de prensado distribuidos regularmente alrededor de un eje longitudinal de la cuchilla para formar al menos tres, y preferentemente seis, puentes completos.

En un tercer modo de realización, el dinamómetro comprende al menos cinco puentes completos de galgas extensométricas desacoplados que están montados en el pie de prensado.

Independientemente de cuál sea el modo de realización, la transmisión de las mediciones desde los sensores del dinamómetro se puede realizar sin contacto o por cable

#### Descripción de las figuras

[Figura 1] La figura 1 es una vista esquemática que representa un primer modo de realización de la implementación del procedimiento según la invención.

[Figura 2] La figura 2 representa una vista esquemática que representa un segundo modo de realización de la implementación del procedimiento según la invención.

[Figura 3] La figura 3 representa una vista esquemática que representa un tercer modo de realización de la implementación del procedimiento según la invención.

#### Descripción detallada de la invención

La invención se aplica al corte automatizado de piezas en un material flexible que se presenta en forma de una única capa o de un apilamiento de capas.

Una operación de corte de este tipo generalmente se realiza por medio de una máquina de corte provista de un soporte horizontal de corte sobre el que se introduce el material flexible que se va a cortar.

Un cabezal de corte que lleva una cuchilla vibratoria está montado sobre un pórtico que se acciona para desplazarse a lo largo del soporte de corte mientras el cabezal de corte se desplaza simultáneamente a lo largo del pórtico para poder seguir las diferentes trayectorias de corte calculadas por un programa informático de corte.

Habitualmente, un pie de prensado como el que se ha representado en la figura 1 está montado en la parte inferior del cabezal de corte con el fin de presionar, según una fuerza controlada, el material flexible contra su soporte de corte durante el corte, pudiéndose adaptar la posición de este pie de prensado en función de la altura del material flexible colocado sobre el soporte de corte. De este modo, el pie de prensado permite mantener la guía de la cuchilla de corte lo más cerca posible del material flexible.

La invención propone un procedimiento de determinación de las componentes de un torsor de acciones mecánicas en el punto de guía de la cuchilla vibratoria de un cabezal de corte de este tipo.

Son posibles diversas variantes de implantación del procedimiento según la invención.

Según un modo de realización esquematizado en la figura 1, el procedimiento prevé colocar un dinamómetro piezoeléctrico de cinco componentes en el pie de prensado P del cabezal de corte.

Más específicamente, el dinamómetro piezoeléctrico comprende tres sensores piezoeléctricos triaxiales 1 a 3 que están montados en el pie de prensado P, estando preferentemente distribuidos regularmente alrededor de un eje longitudinal Z de la cuchilla de corte L.

Los sensores piezoeléctricos 1 a 3 están ventajosamente distribuidos a 120° siendo equidistantes al centro del dinamómetro. Como se ha representado en la figura 1, sus ejes Z (respectivamente Z<sub>1</sub>, Z<sub>2</sub> y Z<sub>3</sub>) están dirigidos hacia

abajo (es decir, hacia el soporte de corte), sus ejes Y (respectivamente  $Y_1, Y_2$  e  $Y_3$ ) están dirigidos hacia el exterior del dinamómetro para facilitar el paso de los cables y sus ejes X (respectivamente,  $X_1, X_2$  y  $X_3$ ) son paralelos a los radios del dinamómetro.

5 Esta disposición permite una buena integración de los sensores en el entorno del pie de prensado garantizando al tiempo que se garantiza una buena rigidez del mismo.

10 Una placa superior (no representada en la figura 1) cierra el dinamómetro integrado en el pie de prensado. Presenta unos orificios para el paso de tornillos lo que permite precargar los sensores comprimiéndolos entre la placa superior y la parte inferior del pie de prensado.

La primera etapa del procedimiento según la invención para determinar las fuerzas 3D experimentadas por la cuchilla de corte consiste en realizar una calibración del dinamómetro piezoeléctrico así montado en el pie de prensado.

15 Esta calibración consiste en establecer una matriz de calibración que permite interpretar las diferentes tensiones de medición enviadas por los sensores piezoeléctricos 1 a 3 en términos de fuerzas mecánicas.

20 En primer lugar, conviene realizar una matriz de calibración teórica o global sensible a la orientación y a la geometría de los sensores. En segundo lugar, conviene refinar esta matriz de calibración teórica hacia una matriz de respuesta correspondiente a la matriz de calibración real.

25 Se considera que la matriz de calibración teórica se produce en un contexto donde se supone que todas las formas geométricas son perfectas y sin defectos, según un posicionamiento ideal de los ejes. Conviene representar en el espacio (X,Y,Z) el posicionamiento de los tres sensores triaxiales con el fin de expresar el torsor de acciones mecánicas asociadas al mismo.

A cada sensor  $i$  le está asociado un marco de referencia ortonormal ( $x_i, y_i, z_i$ ) en el centro  $O_i$  del mismo. El torsor de acciones en  $O_i$  puede entonces escribirse:

30 [Mat. 1]

$$r_{O_i} = \left\{ \begin{array}{l} F_{x_i} \\ F_{y_i} \\ F_{z_i} \end{array} \right\}_{(x_i, y_i, z_i)} \quad \begin{array}{l} \vec{0} \\ \vec{0} \\ \vec{0} \end{array}$$

35 Transportando los torsores elementales de cada sensor en el origen del marco de referencia del dinamómetro O, es posible determinar la contribución de cada dirección de medición de cada uno de los sensores en la lectura de las fuerzas globales.

La matriz de calibración teórica o global se calcula entonces a partir de estas diferentes ecuaciones.

40 La posición del centro  $O_i$  de cada sensor está definida en un sistema de coordenadas cilíndricas por un radio R correspondiente a la distancia  $OO_i$  y un ángulo  $\beta_i$ . Cada sensor tiene su propio marco de referencia directo ( $O_i, x_i, y_i, z_i$ ) y sus ejes  $x_i$  son colineales a la derecha ( $OO_i$ ).

45 El transporte de los torsores de cada sensor en el origen y en el marco de referencia del dinamómetro viene dado por la siguiente ecuación;

[Mat. 2]

$$o_i(r_{O_i})_{(x_i, y_i, z_i)} = \left\{ \begin{array}{l} \vec{R}_i = F_{ix} \cdot \vec{x}_i + F_{iy} \cdot \vec{y}_i + F_{iz} \cdot \vec{z}_i \\ \vec{M}_{i,O} = \vec{OO}_i \wedge \vec{R}_i \end{array} \right\}$$

50 Los diferentes cambios de marco de referencia son los siguientes:

[Mat. 3]

$$\begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

[Mat. 4]

$$\begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\beta_2 & -\sin\beta_2 & 0 \\ -\sin\beta_2 & -\cos\beta_2 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

5

[Mat. 5]

$$\begin{bmatrix} x_3 \\ y_3 \\ z_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sin\beta_3 & \cos\beta_3 & 0 \\ \cos\beta_3 & -\sin\beta_3 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

Después de simplificar, la expresión de los torsores de cada sensor en el origen y en el marco de referencia del dinamómetro, se puede escribir entonces:

10

[Mat. 6]

$$M = \begin{pmatrix} 0 & KF_{1x_1} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ KF_{1y_1} & 0 & 0 & 0 & 0 & -RKF_{1y_1} \\ 0 & 0 & KF_{1x_2} & -RKF_{1x_2} & 0 & 0 \\ \frac{\sqrt{3}}{2}KF_{2x_2} & -\frac{1}{2}KF_{2x_2} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{1}{2}KF_{2y_2} & -\frac{\sqrt{3}}{2}KF_{2y_2} & 0 & 0 & 0 & -RKF_{2y_2} \\ 0 & 0 & -KF_{2x_2} & \frac{R}{2}KF_{2x_2} & \frac{R\sqrt{3}}{2}KF_{2x_2} & 0 \\ \frac{1}{2}KF_{3x_2} & \frac{\sqrt{3}}{2}KF_{3x_2} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{\sqrt{3}}{2}KF_{3y_2} & -\frac{1}{2}KF_{3y_2} & 0 & 0 & 0 & RKF_{3y_2} \\ 0 & 0 & -KF_{3x_2} & \frac{R}{2}KF_{3x_2} & -\frac{R}{2}KF_{3x_2} & 0 \end{pmatrix}$$

15 Esta matriz de calibración es teórica. Representa la contribución de los diferentes ejes de los sensores en la medición de las fuerzas del dinamómetro. Estas mediciones dependen de la sensibilidad K de los sensores piezoeléctricos utilizados. En la realidad, ningún término en la matriz es cero porque, a pesar del cuidado puesto en la producción y de cuáles sean los procedimientos de fabricación del dinamómetro, aparecen defectos geométricos. Sin embargo, los términos predominantes deberían poder identificarse.

20 Una vez escrita la matriz de calibración teórica, se puede realizar la calibración. Consiste en correlacionar cargas unitarias controladas aplicadas al dinamómetro con las diferentes señales eléctricas suministradas por los sensores triaxiales.

25 Conviene aplicar las cargas identificadas en lugares estratégicos donde se conozca la respuesta teórica del dinamómetro. Mediante una optimización lineal, es posible correlacionar los valores de los sensores con los valores previstos. Gracias a una campaña de ensayos, se determina la matriz de calibración real.

Los resultados de la optimización lineal dan la siguiente matriz de calibración real:

30

[Mat. 7]

$$M = \begin{Bmatrix} 29,9 & 211,82 & 51 & 2,064 & 0,92 & -1,24 \\ 239,16 & -31,5 & 7,46 & -2,89 & -2,09 & -10,89 \\ -14,09 & 20,76 & 218,68 & 27,93 & 7,38 & -1,3 \\ 153,75 & -105,99 & -92,16 & -9,75 & -4,54 & 0,22 \\ -115,35 & -197,9 & 22,5 & -10,08 & -1,98 & -8,064 \\ 12,18 & -25,82 & 609,9 & -31,03 & -37,23 & -0,48 \\ 176,30 & 126,33 & -11,7 & 7,78 & -1,42 & -0,44 \\ 111,90 & -200 & 19,18 & -1,6 & -9,83 & 10,31 \\ -19,43 & -1,13 & 651,04 & 17,58 & -15,51 & 3,41 \end{Bmatrix}$$

La figura 2 representa un segundo modo de realización de implementación de la invención en la que el procedimiento prevé la colocación de un dinamómetro de galgas acopladas.

5 Más específicamente, el dinamómetro comprende al menos tres y preferentemente seis puentes de galgas extensométricas acopladas que están montados sobre unos ramales del pie de prensado P' distribuidos alrededor de un eje longitudinal Z de la cuchilla L para formar al menos tres y preferentemente seis puentes completos.

10 Con el fin de garantizar una buena lectura de las fuerzas, el dinamómetro se construyó alrededor del eje de la cuchilla con los ramales separados a 120°. Las tres galgas J1 a J3 que forman los seis puentes de galgas están unidas, preferentemente equidistantes del eje de la cuchilla, y en caras inclinadas cuyas prolongaciones se encuentran en el punto de aplicación de las fuerzas.

15 Se utilizan galgas extensométricas longitudinales/transversales dobles J1 a J3, dispuestas en cada cara de cada uno de los ramales de manera que cada medio puente esté en oposición. Se requiere un total de al menos tres puentes completos para instrumentar este dinamómetro.

20 La calibración consiste en hacer que un torsor de acción conocido se corresponda con un valor de deformación medido por los puentes de galgas.

Considerando que los puentes de galgas están idealmente centrados en los ramales del cuerpo de prueba, los centros respectivos de los puentes  $O_i$  ( $i=1:6$ ) colocados en cada ramal son coincidentes. A continuación, se distancian del centro del sensor O un valor r y se orientan a un ángulo  $\alpha$ . Por último, el punto de aplicación de fuerzas sobre la

25 El siguiente torsor de acción conocido [T] se aplica en el punto Q:

[Mat. 8]

$$[T] = \begin{bmatrix} F_x & M_x \\ F_y & M_y \\ F_z & M_z \end{bmatrix}$$

30 El movimiento de este torsor [T] en cada punto de medición de los puentes de galgas permite conocer la contribución de cada uno de los ejes de los puentes en la lectura de las fuerzas.

35 Para medir el momento de torsión  $M_z$ , se aplica una fuerza a lo largo del eje Y, al nivel del punto Q con un brazo de palanca de distancia l.

En aras de una mayor claridad, los marcos de referencia agrupados se rebautizan de la siguiente manera:

40 [Mat. 9]

$$(O_1-O_2, X_1-X_2, Y_1-Y_2, Z_1-Z_2) = R_1$$

$$(O_3-O_4, X_3-X_4, Y_3-Y_4, Z_3-Z_4) = R_2$$

$$(O_5-O_6, X_5-X_6, Y_5-Y_6, Z_5-Z_6) = R_3$$

Transportando, se obtiene entonces:

[Mat. 10]

$$\begin{aligned}
 [F_x] &= \begin{bmatrix} F_x & 0 \\ 0 & -h.F_x \\ 0 & r.F_x \end{bmatrix}_{(R_1)} & \begin{bmatrix} F_x & 0 \\ 0 & -h.F_x \\ 0 & -r.sena.F_x \end{bmatrix}_{(R_2)} & \begin{bmatrix} F_x & 0 \\ 0 & -h.F_x \\ 0 & -r.sena.F_x \end{bmatrix}_{(R_3)} \\
 [F_y] &= \begin{bmatrix} 0 & h.F_y \\ F_y & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}_{(R_1)} & \begin{bmatrix} 0 & h.F_y \\ F_y & 0 \\ 0 & -r.cosa.F_y \end{bmatrix}_{(R_2)} & \begin{bmatrix} 0 & h.F_y \\ F_y & 0 \\ 0 & r.cosa.F_y \end{bmatrix}_{(R_3)} \\
 [F_z] &= \begin{bmatrix} 0 & r.F_z \\ 0 & 0 \\ F_z & 0 \end{bmatrix}_{(R_1)} & \begin{bmatrix} 0 & r.sena.F_z \\ 0 & r.cosa.F_z \\ F_z & 0 \end{bmatrix}_{(R_2)} & \begin{bmatrix} 0 & r.sena.F_z \\ 0 & -r.cosa.F_z \\ F_z & 0 \end{bmatrix}_{(R_3)} \\
 [M_x] &= \begin{bmatrix} 0 & -l.F_x - r.F_z \\ 0 & 0 \\ F_x & 0 \end{bmatrix}_{(R_1)} & \begin{bmatrix} 0 & -l.F_x + r.sena.F_z \\ 0 & r.cosa.F_z \\ F_x & 0 \end{bmatrix}_{(R_2)} & \begin{bmatrix} 0 & -l.F_x + r.sena.F_z \\ 0 & -r.cosa.F_z \\ F_x & 0 \end{bmatrix}_{(R_3)} \\
 [M_y] &= \begin{bmatrix} 0 & -r.F_z \\ 0 & -l.F_x \\ F_x & 0 \end{bmatrix}_{(R_1)} & \begin{bmatrix} 0 & r.sena.F_z \\ 0 & -l.F_x + r.cosa.F_x \\ F_x & 0 \end{bmatrix}_{(R_2)} & \begin{bmatrix} 0 & r.sena.F_z \\ 0 & -l.F_x - r.cosa.F_x \\ F_x & 0 \end{bmatrix}_{(R_3)} \\
 [M_z] &= \begin{bmatrix} 0 & h.F_y \\ F_y & 0 \\ 0 & l.F_y \end{bmatrix}_{(R_1)} & \begin{bmatrix} 0 & h.F_y \\ F_y & 0 \\ 0 & l.F_y - r.cosa.F_y \end{bmatrix}_{(R_2)} & \begin{bmatrix} 0 & h.F_y \\ F_y & 0 \\ 0 & l.F_y + r.cosa.F_y \end{bmatrix}_{(R_3)}
 \end{aligned}$$

5 Estos valores dan las componentes de la matriz de calibración teórica. Ahora, teniendo en cuenta el hecho de que las galgas extensométricas solo reaccionan a lo largo de su eje Z, es posible simplificar la matriz. Por lo que se escribe entonces:

[Mat. 11]

$$[M_{Tn}] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & K.F_1 & R.K.F_1 & 0 & 0 \\ K.F_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & -R.K.F_2 \\ 0 & 0 & K.F_3 & -\frac{R}{2}.K.F_3 & -\frac{R.\sqrt{3}}{2}.K.F_3 & 0 \\ -\frac{1}{2}.K.F_4 & -\frac{\sqrt{3}}{2}.K.F_4 & 0 & 0 & 0 & -R.K.F_4 \\ 0 & 0 & K.F_5 & -\frac{R}{2}.K.F_5 & \frac{R}{2}.K.F_5 & 0 \\ -\frac{1}{2}.K.F_6 & \frac{\sqrt{3}}{2}.K.F_6 & 0 & 0 & 0 & -R.K.F_6 \end{bmatrix}_{(O,XY,Z)}$$

10 Donde K designa la sensibilidad de cada puente de galgas (que en el presente documento se supone que es común) y Fi la deformación medida por el punto de galga i.

15 La siguiente etapa de elaboración de la matriz de calibración real consiste en aplicar fuerzas conocidas a lo largo de ejes bien definidos y registrar la reacción de cada medio puente.

Este método de calibración ofrece una cantidad de datos muy grande que requiere una cierta optimización. Se supone que las relaciones señales/cargas son lineales, se aplica un método directo basado en el método de mínimos cuadrados.

20 El planteamiento pretende minimizar los mínimos cuadrados de las diferencias entre los valores impuestos y los valores medidos según un modelo de respuesta lineal. A tal efecto, se busca expresar  $[A_{ij}]$ , la matriz de calibración, con ayuda de n mediciones  $[m_i]$  suministrando n torsesores diferentes  $[T_i]$ . La ecuación se puede escribir de esta manera:

25 [Mat. 12]

$$[T_i] = [A_{ij}] \times [m_j]$$

El siguiente formato permite el cálculo de los términos  $a_{ij}$  de la matriz solución  $[A]^t$  mediante el método de optimización lineal, idéntica a la solución de la ecuación normal de la ecuación anterior.

5 [Mat. 13]

$$[T_j]^t = [m_i]^t \times [A_{ij}]^t,$$

$$[m_i] \times [m_i]^t \times [A_{ij}]^t = [m_i] \times [T_j]^t,$$

$$[A_{ij}]^t = [[m_i] \times [m_i]^t]^{-1} \times [m_i] \times [T_j]^t.$$

A modo de ilustración, la matriz así obtenida para cada sensor sería la siguiente:

10 [Mat. 14]

$$[A_{ij}]_{c1} = \begin{bmatrix} 0,22743549 & 0,02364623 & -0,13343276 & -0,0069996 & -0,00087995 & -0,00130383 \\ 0,68420348 & 0,15332142 & 0,03105618 & 0,00189647 & -0,00466481 & -0,00561201 \\ -0,1076689 & -0,12158194 & -0,14872792 & 0,0026323 & 0,00625291 & -0,00187975 \\ -0,46440179 & -0,61847475 & 0,02114317 & -0,00536206 & 0,00280904 & -0,00811313 \\ 0,1368964 & 0,09598388 & -0,13872592 & 0,00413323 & -0,00556786 & -0,00241526 \\ -0,11003649 & 0,54635391 & 0,0378909 & 0,00400779 & 0,00172092 & -0,01026037 \end{bmatrix}$$

$$[A_{ij}]_{c2} = \begin{bmatrix} 0,28085142 & -0,01953047 & -0,13864593 & -0,00647811 & -0,00211027 & -0,00173131 \\ 0,77073137 & 0,2173864 & 0,03597984 & 0,00414099 & -0,00554774 & -0,01009237 \\ -0,1351971 & -0,133147 & -0,14704929 & 0,00216863 & 0,00632671 & -0,00071048 \\ -0,58057634 & -0,5967342 & 0,03491581 & -0,00588278 & 0,0036103 & -0,00579446 \\ 0,0178842 & 0,05183176 & -0,14780865 & 0,00307678 & -0,00576331 & -0,00131784 \\ -0,18893259 & 0,44978418 & 0,02836511 & 0,00192248 & 0,0018153 & -0,00829667 \end{bmatrix}$$

$$[A_{ij}]_{c3} = \begin{bmatrix} 0,31053699 & -0,02206733 & -0,13963957 & -0,00646137 & -0,00181698 & -0,00022063 \\ 0,69569874 & 0,31281328 & 0,0099921 & 0,00234984 & -0,00406212 & -0,01067891 \\ -0,14114808 & -0,16467566 & -0,1430152 & 0,00293031 & 0,00641895 & -0,00096274 \\ -0,67494056 & -0,65437313 & 0,05252109 & -0,00309514 & 0,00386065 & -0,0086002 \\ 0,07045973 & -0,00230579 & -0,1414674 & 0,0031475 & -0,00633642 & -0,00048254 \\ -0,04925843 & 0,46419488 & 0,03133913 & 0,00144251 & 0,0015364 & -0,00759894 \end{bmatrix}$$

Al ser todos los sensores son diferentes dependiendo de las variabilidades inherentes al mecanizado y a la unión de las galgas, es imposible obtener una matriz idéntica. Sin embargo, la reacción de cada sensor a cada matriz es buena.

15 Es posible obtener una matriz que suavice el comportamiento de cada sensor, esta matriz denominada matriz fusionada tiene en cuenta todas las mediciones de calibración de los tres sensores (véase el ejemplo de más adelante)

[Mat. 15]

$$[A_{ij}]_p = \begin{bmatrix} 0,25775426 & -0,0169919 & -0,13482658 & -0,00603876 & -0,00140795 & -0,00169831 \\ 0,77567 & 0,18216929 & 0,03188821 & 0,00304868 & -0,00563973 & -0,00803284 \\ -0,12985247 & -0,13159113 & -0,14806411 & 0,00231931 & 0,00633665 & -0,00120715 \\ -0,53481395 & -0,65440946 & 0,02423596 & -0,00644915 & 0,00265166 & -0,0062482 \\ 0,01615932 & -0,09425864 & -0,14100178 & 0,00393699 & -0,00535424 & -0,0020092 \\ -0,16085048 & 0,55349909 & 0,03862418 & 0,00395377 & 0,00233197 & -0,01006808 \end{bmatrix}$$

20 Después de las verificaciones, se constata que la respuesta de los tres sensores a esta matriz es realmente muy cercana y la diferencia de medición es muy pequeña.

25 La figura 3 representa un tercer modo de realización de implementación de la invención en la que el procedimiento prevé la colocación de un dinamómetro de galgas desacopladas.

30 Como se ha representado en esta figura 3, el dinamómetro comprende así cinco puentes de galgas en puentes completos montados en el pie de prensado P". Los calibres utilizados son rosetas de medio puente con el fin de garantizar la lectura de las fuerzas en los dos posibles sentidos de flexión (por razones de claridad, en la figura 3 solo se han representado los cinco puentes de galgas P1 a P5).

La matriz de calibración real se obtiene midiendo las deformaciones en las posiciones de las galgas extensométricas y realizando el cálculo relativo al cableado de los puentes. A modo de ejemplo, en la siguiente tabla se puede ver un resultado:

5

[Tabla 1]

	Fx (%)	Fy (%)	Mx (%)	My (%)	Mz (%)
Puente 1	-	0,03	0,27	5,61	0,2
Puente 2	1,53	-	0,36	0,85	0,28
Puente 3	0	4,48	-	0,15	0,03
Puente 4	2,49	0,12	0,15	-	2,26
Puente 5	0,08	4,52	0,02	1,5	-

Se puede observar que el mayor acoplamiento obtenido es del 5,61 % de la deformación leída por el puente 1 durante la aplicación de un momento My.

10

También se observa que este modo de realización no requiere una etapa previa de elaboración de una matriz de calibración teórica.

Se observará que independientemente del modo de realización, la transmisión de las mediciones de los sensores de deformación del dinamómetro se realiza sin contacto o por cable.

15

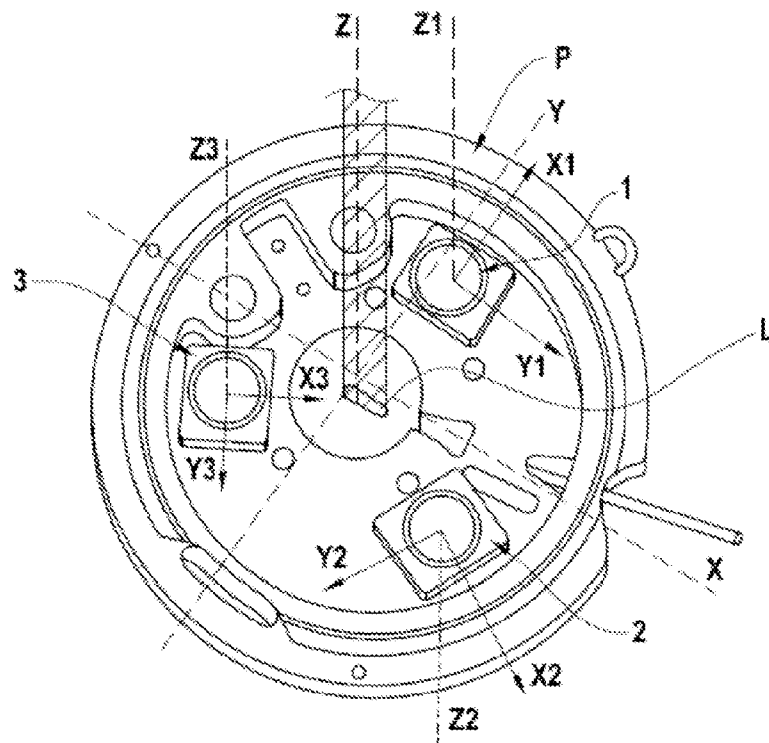
También se observará que independientemente del modo de realización, se ha previsto un conjunto de tarjetas electrónicas entre los sensores piezoeléctricos o los puentes de galgas de limitación y la estación informática que procesa la información recibida. Estas tarjetas electrónicas realizan las siguientes funciones: alimentación y acondicionamiento de las señales procedentes de los sensores (en función del tipo de estos sensores), filtrado y amplificación de las señales para adaptarlas al rango de entrada del convertidor de analógico a digital, conversión de analógico a digital, así como serialización y transmisión de los datos a la estación informática.

20

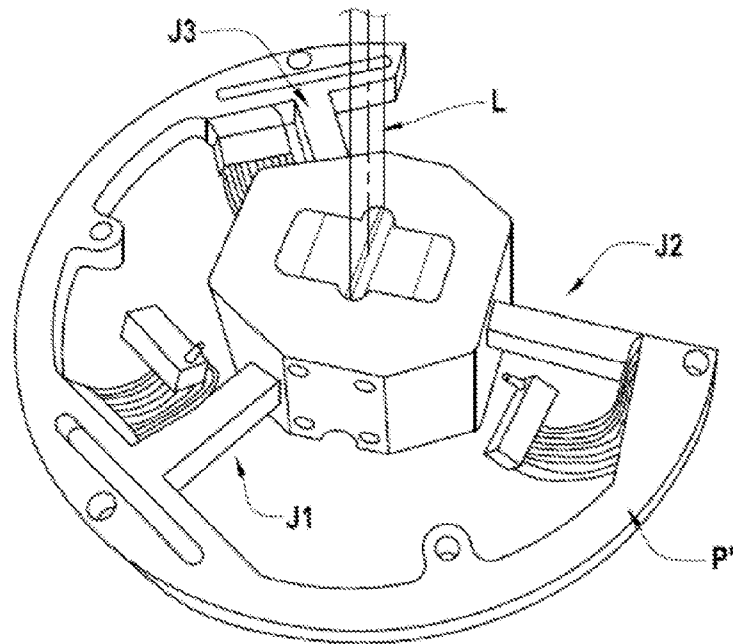
**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Procedimiento de determinación de componentes de un tórsor de acciones mecánicas en el punto guía de una cuchilla de corte (L) para una máquina de corte, guiándose la cuchilla en un pie de prensado (P; P'; P'') de un cabezal de corte de la máquina, comprendiendo el procedimiento:
- la colocación de un dinamómetro de seis componentes en el pie de prensado, comprendiendo el dinamómetro una pluralidad de sensores capaces de determinar una fuerza frontal, una fuerza lateral, un momento de balanceo, un momento de cabeceo y un momento de guiñada de la cuchilla de corte;
  - 10 - el establecimiento de una matriz de calibración del dinamómetro; y
  - la determinación de las fuerzas tridimensionales experimentadas por la cuchilla de corte a partir de las mediciones obtenidas por los sensores y la matriz de calibración.
- 15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, en donde la etapa de elaboración la matriz de calibración del dinamómetro comprende la elaboración de una matriz de calibración teórica de los sensores del dinamómetro con diferentes sollicitaciones teóricas en función de las 6 componentes del dinamómetro.
- 20 3. Procedimiento según la reivindicación 2, en donde la etapa de elaboración de la matriz de calibración del dinamómetro además comprende, a partir de la matriz de calibración teórica y de mediciones reales de respuesta de los sensores del dinamómetro, el cálculo de una matriz de respuesta de los sensores del dinamómetro con diferentes sollicitaciones reales en función de las 6 componentes del dinamómetro.
- 25 4. Procedimiento según la reivindicación 3, en donde la matriz de respuesta de los sensores del dinamómetro se calcula mediante un método de optimización lineal.
- 30 5. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde el dinamómetro comprende tres sensores piezoeléctricos triaxiales (1, 2, 3) que se montan en el pie de prensado (P) estando distribuidos alrededor de un eje longitudinal (Z) de la cuchilla.
- 35 6. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde el dinamómetro comprende al menos tres puentes de galgas extensométricas (J1 a J3) acoplados que se montan en ramales del pie de prensado (P') distribuidos regularmente alrededor de un eje longitudinal (Z) de la cuchilla con el fin de formar al menos tres puentes completos.
- 40 7. Procedimiento según la reivindicación 6, en donde el dinamómetro comprende seis puentes de galgas extensométricas distribuidos regularmente alrededor del eje longitudinal (Z) de la cuchilla con el fin de formar seis puentes completos.
8. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde el dinamómetro comprende al menos cinco puentes de galgas extensométricas (P1 a P5) desacoplados que están montados en el pie de prensado (P'').
9. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en donde la transmisión de las mediciones de los sensores del dinamómetro se realiza sin contacto o por cable.

[Fig. 1]



[Fig. 2]



[Fig. 3]

