

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 644 696**

51 Int. Cl.:

G06T 7/20 (2007.01)

G01B 11/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.07.2014 PCT/EP2014/064673**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.01.2015 WO15007581**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.07.2014 E 14738481 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.09.2017 EP 3022713**

54 Título: **Procedimiento de medición multiescala de la forma, el desplazamiento y/o la deformación de una pieza estructural sometida a tensiones por la creación de una pluralidad de moteados colorimétricos**

30 Prioridad:

15.07.2013 FR 1356961

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

30.11.2017

73 Titular/es:

**AIRBUS (33.3%)
2 Rond-Point Émile Dewoitine
Blagnac, FR;
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE (33.3%) y
ECOLE NORMALE SUPÉRIEURE DE CACHAN
(33.3%)**

72 Inventor/es:

**PETIOT, CAROLINE;
ROUX, STÉPHANE y
HILD, FRANÇOIS**

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 644 696 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 medición multiescala de la forma, el desplazamiento y/o la deformación de una pieza estructural sometida a tensiones por la creación de una pluralidad de moteados colorimétricos

5 Dominio técnico

La invención se refiere a un procedimiento de medición de la forma, el desplazamiento y/o la deformación de una estructura sometida a tensiones exteriores por la creación de una pluralidad de moteados. La invención se adapta más particularmente, pero no exclusivamente, al dominio de las técnicas de mediciones de los desplazamientos y/o las deformaciones de una estructura sometida a tensiones exteriores.

Estado de la técnica

15 De acuerdo con la técnica anterior, la concepción mecánica de una pieza estructural puede implementar una técnica de imaginería que permita conocer su comportamiento y de esta manera validar o no el concepto estructural de dicha pieza estructural. Esta técnica de imaginería se aplica también a los tubos de materiales para fines de caracterizaciones mecánicas. En consecuencia, a continuación, el término genérico « pieza de estudio » abarcará indistintamente las piezas estructurales o tubos, independientemente de su tamaño y de su forma.

20 La patente FR2842591 describe un procedimiento de medición de las deformaciones de una pieza mecánica basada en la correlación de la imagen, la superficie de dicha pieza comprende la proyección óptica de un moteado y de otro moteado impreso.

25 Dicha técnica permite medir los desplazamientos y las deformaciones de la pieza de estudio cuando dicha pieza de estudio se somete a las tensiones exteriores, por ejemplo, mecánicas y/o térmicas.

30 Con mayor precisión, dicha técnica de imaginería implementa un dispositivo de adquisición de imágenes numéricas y un software de correlación de imágenes numéricas. La pieza de estudio comprende una superficie definida en un objeto de referencia (X, Y, Z). La superficie de la pieza de estudio está marcada con un motivo heterogéneo, aleatorio o no, denominado moteado, registrado bajo la forma de una imagen a escala de grises. Dicho moteado se caracteriza por una longitud de correlación, es decir una escala por debajo de la cual el marcado persiste. La diferencia cuadrática media de marcado entre dos puntos cuya distancia es inferior o igual a dicha longitud de correlación es pequeña en comparación con la varianza de nivel de gris del moteado. Además, la pieza de estudio comprende al menos una región de interés que debe estudiarse.

40 El dispositivo de adquisición de imágenes numéricas registra al menos una imagen numérica de referencia de dicha superficie. Dicha imagen numérica se divide en píxeles definidos en una imagen de referencia (X',Y'). El marcado heterogéneo de la superficie de la estructura creada por el moteado se representa al nivel de la imagen numérica mediante niveles de gris diferentes de un píxel al otro. Un punto P de la superficie definido en el objeto de referencia (X, Y, Z) corresponde por tanto a un píxel P' de la imagen numérica de referencia, definido en la imagen de referencia (X',Y') y tiene un nivel de gris determinado.

45 Una tensión exterior se aplica a la pieza de estudio. Dicha tensión deforma la pieza de estudio y principalmente la superficie estudiada. El punto P de la superficie se desplaza de este modo cuando se aplican fuerzas en una posición P". El dispositivo de adquisición de imágenes numéricas registra a intervalos regulares una serie de imágenes numéricas de la pieza de estudio durante la aplicación de la tensión exterior, y el análisis local o global denominado de correlación de imágenes numéricas permite acceder a un campo de desplazamiento definido en cualquier punto de una región de interés en cada nivel de tensión.

50 Una variante de dicha técnica, denominada de estereocorrelación, permite la medición de las formas tridimensionales y de los campos de desplazamientos tridimensionales. Al menos dos imágenes numéricas de las diferentes vistas de la pieza de estudio se adquieren en intervalos regulares durante la aplicación de la tensión exterior. Dicho punto P de la superficie definido en el objeto de referencia (X, Y, Z) aparecerá en cada imagen numérica I en el punto P'i en la referencia de la imagen numérica I. Después de una etapa de calibración efectuada con mayor frecuencia con un patrón de referencia conocido, la correlación de imágenes numéricas permite asociar, gracias al moteado, los puntos P'i en cada imagen I. En efecto, una etapa de calibración permite deducir a partir de las coordenadas de cada punto P'i las coordenadas del punto P en el objeto de referencia (X, Y, Z). Además, los campos de desplazamiento permiten la determinación de los vectores de desplazamiento tridimensionales en el objeto de referencia (X, Y, Z) en cualquier punto de la superficie de la pieza de estudio.

65 Sin embargo, de acuerdo con la escala de la longitud de correlación del moteado, los campos de desplazamiento y/o de deformación son más o menos precisos, más o menos resueltos espacialmente, y la medición del campo de desplazamiento y/o del campo de deformación es más o menos costoso en el momento del cálculo. En efecto, a medida que se reduce la longitud de correlación del moteado, el cálculo del campo de desplazamiento y/o del campo de deformación es más costoso, y el campo de desplazamiento y/o del campo de deformación es más preciso. Por el

contrario, la amplitud máxima de los desplazamientos que la correlación de imágenes será capaz de determinar está en el orden de las dimensiones de la longitud de correlación. Por tanto, un moteado fino no es robusto.

5 Un compromiso entre la resolución espacial y la incertidumbre debe por tanto investigarse en función de la precisión deseada y de la fortaleza del tratamiento. O bien el operador elige centrarse en las mediciones globales mediante la creación de un patrón de moteado que tenga grandes longitudes de correlación para obtener un campo de desplazamiento y/o un campo de deformación relativamente poco resuelto espacialmente, o el operador elige centrarse en las mediciones locales mediante la creación de un moteado que tenga una longitud de correlación baja para obtener un campo de desplazamiento y/o de deformación preciso y espacialmente resuelto pero que necesita una buena apreciación del desplazamiento inicial.

Descripción de la invención

15 La invención tiene como objetivo principal resolver este problema.

Para esto, la invención se refiere a un procedimiento de medición del desplazamiento y/o de la deformación de una pieza de estudio sometida a una tensión exterior, tal como la definida por la reivindicación 1. La invención puede implementarse de acuerdo con los modos de realización ventajosos expuestos en las reivindicaciones 2-7.

20 La presente invención se refiere igualmente a un sistema de medición del desplazamiento y/o de la deformación de una pieza de estudio sometida a una tensión exterior, tal como la definida por la reivindicación 8.

Presentación de las figuras

25 La invención se comprenderá mejor después de leer la descripción siguiente, proporcionada a modo de ejemplo no limitante, y que hace referencia a las figuras representadas:

- la Figura 1 es una representación esquemática de un dispositivo de medición del desplazamiento y/o la deformación de una pieza de estudio sometida a tensiones exteriores de acuerdo con un ejemplo de realización de la invención con la ayuda de un sistema de estereocorrelación de imágenes de dos cámaras fijas;
- 30 - la Figura 2 es un diagrama funcional que muestra diferentes etapas del procedimiento de acuerdo con un ejemplo de realización de la invención;
- la Figura 3 es una representación esquemática de la superficie de una pieza de estudio que comprende un primer moteado de acuerdo con un ejemplo de realización de la invención;
- la Figura 4 es una representación esquemática de la superficie de una pieza de estudio que comprende un primer moteado y un segundo moteado de acuerdo con un ejemplo de realización de la invención;
- 35 - la Figura 5 es una representación esquemática de una imagen numérica de la superficie de una pieza de estudio de acuerdo con un ejemplo de realización de la invención;
- la Figura 6 es una representación esquemática de una imagen numérica de la superficie de una pieza de estudio después de un primer filtrado de acuerdo con un ejemplo de realización de la invención;
- 40 - la Figura 7 es una representación esquemática de una imagen numérica de la superficie de una pieza de estudio después de un segundo filtrado de acuerdo con un ejemplo de realización de la invención.

En estas figuras, las referencias idénticas de una figura a otra designan elementos idénticos o análogos. Por razones de claridad, los elementos representados no están a escala, a menos que se indique lo contrario.

Descripción detallada de los modos de realización

La Figura 1 muestra un dispositivo de medición 100 del desplazamiento y/o la deformación de una pieza de estudio 150 sometida a tensiones exteriores. En un ejemplo, dichas tensiones exteriores son tensiones mecánicas y/o térmicas. La pieza de estudio comprende una superficie definida en un objeto de referencia (X, Y, Z).

En un modo de realización, el dispositivo de medición 100 comprende un dispositivo de adquisición de imágenes numéricas en colores 110 y medios de correlación de imágenes tales como un software para la correlación de imágenes. En un ejemplo, en el caso de una correlación de imágenes numéricas clásica, el dispositivo de adquisición de imágenes numéricas en colores 110 es un sistema que comprende una cámara de video o una cámara fotográfica 111 fija. En otro ejemplo, en el caso de una estereocorrelación, el dispositivo de adquisición de imágenes numéricas en colores 110 es un sistema que comprende varias cámaras de video y/o cámaras fotográficas 111. Cada cámara de video y/o cámara fotográfica 111 del dispositivo de adquisición de imágenes numéricas en colores 110 comprende sensores fotosensibles, es decir un componente electrónico que sirve para convertir una radiación electromagnética en una señal eléctrica analógica.

El dispositivo de adquisición de imágenes numéricas en colores 110 comprende además uno o varios filtros asociados a cada cámara de video y/o cámara fotográfica 111. En un ejemplo, cada filtro se posiciona delante del objetivo de la cámara de video o cámara fotográfica 111 asociada.

En otro ejemplo, cada sensor comprende una matriz de áreas sensibles a la luz y un filtro de color que comprende celdas

- coloreadas. Cada área sensible a la luz comprende un fotodiodo sensible a la totalidad del espectro de la luz visible. Cada celda se asocia a un área sensible a la luz. En un ejemplo, el filtro es un filtro de Bayer y un grupo de cuatro áreas sensibles a la luz adyacentes en pares comprende una primera área sensible a la luz asociada a una celda de color rojo, una segunda área sensible a la luz asociada a una celda de color azul, las dos últimas áreas sensibles a la luz se asocian a una celda de color verde. En otro ejemplo, el dispositivo de adquisición de imágenes numéricas en colores 110 comprende cámaras multiespectrales, cada una comprende un sensor esencialmente monocromático y un filtro que permite la adquisición de la imagen sobre varios intervalos de longitud de onda.
- 5
- El dispositivo de adquisición de imágenes numéricas en colores 110 comprende además un módulo 112 que permite tratar las señales eléctricas analógicas para obtener una imagen numérica.
- 10
- En una etapa 200, el dispositivo de adquisición de imágenes numéricas en colores 110 se posiciona de manera que las mediciones del desplazamiento y/o de la deformación sean óptimas (véase la Figura 2).
- 15
- En una etapa 210, un operador crea un primer moteado 300 sobre la superficie de la pieza de estudio 150.
- Un moteado es un patrón heterogéneo, aleatorio o no, creado sobre la superficie de la pieza de estudio.
- 20
- En un ejemplo, el patrón se deposita, se pinta o se crea pulverizando gotas de pintura sobre la superficie de la pieza de estudio. Dicho patrón comprende un conjunto de patrones irregulares, es decir, por ejemplo, un conjunto de manchas diferentes unas a las otras en cuanto a dimensión, forma y/u orientación pero cuya dimensión así como la distancia entre dos manchas vecinas están en el orden del tamaño comparable asimilado a la longitud de correlación.
- 25
- La figura 3 muestra dicho primer moteado 300, que comprende una pluralidad de manchas 310. Este primer moteado 300 se asocia a una primera longitud de correlación y a un primer color.
- 30
- El término color designa una pluralidad de características locales atribuidas al mismo punto de la superficie de la pieza de estudio, que corresponde a la respuesta de dicho punto a una longitud de onda de la fuente luminosa.
- 35
- En una etapa 220, el operador crea un segundo moteado 400 sobre la superficie de la pieza de estudio 150 (véase la Figura 4). Dicho segundo moteado 400 comprende una pluralidad de manchas 410. Este segundo moteado 400 se asocia a una segunda longitud de correlación y a un segundo color. La segunda longitud de correlación es diferente a la primera longitud de correlación y el segundo color es diferente del primer color. En un ejemplo, la segunda longitud de correlación es inferior a la primera longitud de correlación.
- 40
- En una variante, la superficie de la pieza de estudio 150 comprende una textura que tiene naturalmente un primer moteado 300 asociado a una primera longitud de correlación y a un primer color, así como un segundo moteado 400 asociado a una segunda longitud de correlación diferente de la primera longitud de correlación y a un segundo color diferente del primer color.
- 45
- La creación o la existencia natural de varios moteados 300 y 400 que tienen longitudes de correlación y colores diferentes permite medir, después de la adquisición y tratamiento de imágenes numéricas de la superficie de la pieza de estudio 150, en función del tipo de medición que el operador desea efectuar, uno o varios campos de desplazamiento y/o de deformación más o menos resueltos espacialmente.
- 50
- La capacidad para modular las escalas más pequeñas de correlación espacial por un filtro que actúa sobre la codificación de color de la imagen de color es una especificidad de la invención que permite ajustar a voluntad la robustez de la medición y la precisión de su descripción espacial. El mismo filtrado puede realizarse por medios ópticos convencionales a través de una pluralidad de imágenes, o bien mediante filtros cromáticos estrechos, como para la imaginaria hiperspectral.
- 55
- En un ejemplo de implementación, el operador realiza un primer moteado 300 a partir de una bomba de pintura roja y de una bomba de pintura blanca. A continuación, dicho operador crea el segundo moteado 400 añadiendo manchas de pintura azul con la ayuda de un pincel o de una brocha. El primer color corresponde por tanto a una longitud de onda superior o igual a 620 nanómetros, mientras que la longitud de onda del segundo moteado es esencialmente inferior a 500 nanómetros. En este ejemplo, la longitud de correlación del primer moteado es diez veces superior a la longitud de correlación del segundo moteado.
- 60
- Otros moteados se crean en función de los deseos del operador y de la capacidad del dispositivo de adquisición de imágenes numéricas en colores 110, en particular de la definición de dicho dispositivo de adquisición de imágenes numéricas en colores 110, y del módulo 112 para separar los colores y las dimensiones.
- 65
- En una etapa 230, el dispositivo de adquisición de imágenes numéricas en colores 110 registra una imagen numérica de referencia 500 en colores de la superficie de la pieza de estudio 150.
- En una etapa 240, una tensión exterior se aplica a la pieza de estudio 150. Dicha tensión deforma la pieza de estudio y

principalmente la superficie estudiada. Un punto P de la superficie se desplaza durante la aplicación de fuerzas mecánicas en una posición final de coordenadas no conocidas en el objeto de referencia (X, Y, Z). Por tanto, las manchas 310 del primer moteado 300 y las manchas 410 del segundo moteado 400 se desplazan y se deforman. En una etapa 250, el dispositivo de adquisición de imágenes numéricas en colores 110 registra a intervalos regulares una serie de imágenes numéricas 500 en colores de la superficie de la pieza de estudio 150 durante la aplicación de la tensión mecánica y/o térmica. Cada imagen numérica 500 en colores se divide en píxeles P' definidos en una imagen de referencia (X', Y'). El punto P de la superficie de la pieza de estudio 150 definido en el objeto de referencia (X, Y, Z) corresponde por tanto a un píxel P', para cada imagen numérica 500 en colores, definida en la imagen de referencia (X', Y'). Además, cada píxel P' de cada imagen numérica 500 comprende un color.

Una imagen numérica en colores puede resultar de la agregación de una pluralidad de imágenes numéricas adquiridas sucesivamente, por ejemplo con fuentes luminosas diferentes, o bien adquirirse simultáneamente cuando el dispositivo de adquisición de imágenes numérica en colores 110 comprende una matriz de sensores que tiene diferentes sitios de sensibilidades. Los tratamientos colorimétricos o cromáticos mencionados a continuación abarcan todos los tratamientos numéricos que aprovechan esta pluralidad de información para extraer varias imágenes a « escala de grises » que tengan las características geométricas diferentes, vinculadas al moteado, pero sin alterar la posición de los píxeles.

No se trata necesariamente de aislar específicamente un color o un moteado, pero sí de demostrar la capacidad de suprimir las altas frecuencias espaciales de la imagen filtrada sobre una gama predefinida para lograr una mejor robustez.

Este color se codifica en niveles de rojo, de verde y de azul (RGB de acuerdo con el acrónimo anglosajón red-green-blue). Así, cada color se expresa como una combinación de estos tres colores. En una variante, el color se codifica a partir de un formato de codificación diferente, por ejemplo en niveles de cian, magenta, amarillo, negro para la cuatricromía (CMYK de acuerdo con el acrónimo anglosajón cyan-magenta-yellow-key), o una resolución espectral mucho más refinada para las cámaras multispectrales o hiperespectrales. Las manchas 510 que corresponden a las manchas 310 del primer moteado 300 y las manchas 520 que corresponden a las manchas 410 del segundo moteado 400 aparecen por tanto sobre cada imagen numérica 500 en colores.

En una etapa 260, el software de correlación de imágenes trata las imágenes numéricas 500 en colores registradas por el dispositivo de adquisición de imágenes numéricas en colores 110 en la etapa 230 de registro de la imagen numérica 500 de referencia en colores y en la etapa 250 de registro de una serie de imágenes numéricas 500 en colores. El tratamiento de las imágenes numéricas 500 en colores comprende las etapas de filtrado colorimétrico de las imágenes numéricas 500 en colores para separar los colores de las imágenes numéricas.

Más precisamente, en una etapa inferior 261, un primer filtrado colorimétrico se efectúa a partir de cada imagen numérica 500 en colores para extraer los píxeles que tienen un nivel, por ejemplo, de rojo de verde y de azul que corresponde al primer rango de colores. Al final de estas etapas inferiores 261, se obtiene una primera serie de imágenes numéricas filtradas 600 que comprende únicamente las manchas 510 que corresponden a las manchas 310 del primer moteado 300 (véase la Figura 6).

En una etapa inferior 262, un segundo filtrado colorimétrico se efectúa a partir de cada imagen numérica 500 en colores para extraer los píxeles que tienen un nivel, por ejemplo, de rojo, de verde y de azul que corresponde al segundo color. Al final de esta etapa inferior 262, se obtiene una segunda serie de imágenes numéricas filtradas 700 que comprende únicamente las manchas 520 que corresponden a las manchas 410 del segundo moteado 400 (véase la Figura 7).

En una etapa 270, el software de correlación de imágenes determina a partir de la primera serie de imágenes numéricas filtradas 600 un primer campo de desplazamiento y/o un primer campo de deformación. En el caso de la estereovisión, la correlación de imágenes permite igualmente determinar una forma tridimensional global.

En una etapa 280, el software de correlación de imágenes determina a partir de la segunda serie de imágenes numéricas filtradas 700 un segundo campo de desplazamiento y/o un segundo campo de deformación. En un modo de realización, el primer campo de desplazamiento y/o el primer campo de deformación se usan como información previa. En el caso de la estereovisión, la forma tridimensional se refina. Debe notarse que este tratamiento puede realizarse sobre una región limitada de la superficie examinada que presenta un interés específico.

La creación de varios moteados cuyas longitudes de correlación y colores son diferentes permite además, después de la adquisición y tratamiento de imágenes numéricas en colores de la superficie de la pieza de estudio 150 crear, en función del tipo de medición que el operador desea efectuar, uno o varios campos de desplazamiento y/o de deformación más o menos resueltos espacialmente.

En efecto, si el operador desea efectuar una medición local de desplazamiento al nivel de la periferia de la zona de introducción de una tensión exterior para verificar la calidad y/o la homogeneidad de la tensión exterior y, así, verificar las condiciones en los límites, o si el operador desea efectuar una medición local de desplazamiento y de deformación sobre la pieza de estudio 150 para determinar un daño al nivel de un elemento de la estructura de la pieza de estudio 150 como por ejemplo, una parada del tensor, una unión adherida, unida o enclavijada, o una regresión del grosor, dicho operador

ES 2 644 696 T3

usa el campo de desplazamiento creado a partir de la serie de imágenes numéricas filtradas 600, 700 sobre las cuales aparecen las manchas 510, 520 cuya superficie está comprendida en el rango de valores más elevado.

5 Además, si el operador desea efectuar una medición de desplazamiento y de deformación sobre el conjunto de la pieza de estudio 150, o sobre una larga zona de la pieza de estudio 150, para determinar la existencia y cuantificar ciertos fenómenos de inestabilidad de la pieza de estudio 150, tales como el flameado o el flameado posterior, dicho operador usa el campo de desplazamiento y el campo de deformación creados a partir de la serie de imágenes numéricas filtradas 600, 700 sobre las cuales aparecen las manchas 510, 520 cuya superficie está comprendida en el rango de valores menos elevado.

10 Además, el operador puede usar en paralelo los campos de desplazamiento y/o de deformación creados a partir de cada serie de imágenes numéricas filtradas 600, 700.

15

Reivindicaciones

1. Procedimiento de medición del desplazamiento y/o de la deformación de una pieza de estudio (150) sometida a una tensión exterior, la superficie de dicha pieza de estudio comprende una textura que tiene naturalmente un primer moteado que comprende un primer color y un segundo moteado que comprende un segundo color diferente al primer color, el primer moteado comprende una primera longitud de correlación y el segundo moteado comprende una segunda longitud de correlación diferente a la primera longitud de correlación, dicho procedimiento implementa un dispositivo de adquisición de imágenes numéricas en colores (110) y medios de correlación de imágenes, que comprende las etapas siguientes:
 - adquirir (250) una pluralidad de imágenes numéricas (500) en colores de la superficie de la pieza de estudio (150) por medio del dispositivo de adquisición de imágenes numéricas en colores (110) durante la aplicación de una tensión exterior sobre dicha pieza de estudio (150),
 - tratar (260) las imágenes numéricas (500) en colores adquiridas en la etapa de adquisición (250) de una pluralidad de imágenes numéricas (500) en colores, lo que proporciona series de imágenes numéricas tratadas, cada una de estas pone en evidencia los detalles que resaltan sobre las escalas variables,
 - correlacionar (270, 280) el conjunto de imágenes numéricas tratadas de cada serie para determinar los campos de desplazamiento en las escalas asociadas a cada tratamiento (260).
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la segunda longitud de correlación es inferior a la primera longitud de correlación.
3. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 2, caracterizado porque la etapa de tratamiento (260) de imágenes numéricas (500) en colores comprende:
 - una etapa inferior (261) de primer filtrado colorimétrico de las imágenes numéricas (500) en colores para obtener una primera serie de imágenes numéricas filtradas (600) que comprende únicamente el primer moteado (300);
 - una etapa inferior (262) de segundo filtrado colorimétrico de imágenes numéricas (500) en colores para obtener una segunda serie de imágenes numéricas filtradas (700) que comprende únicamente el segundo moteado (400).
4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 2, caracterizado porque la etapa de tratamiento (260) de imágenes numéricas (500) en colores comprende:
 - una etapa inferior (261) de primer filtrado colorimétrico de las imágenes numéricas (500) en colores para obtener una primera serie de imágenes numéricas filtradas (600) que comprende únicamente el primer moteado (300);
 - una etapa inferior (262) de segundo filtrado colorimétrico de las imágenes numéricas (500) en colores para obtener una segunda serie de imágenes numéricas filtradas (700) que comprende el primer moteado (300) y el segundo moteado (400).
5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3 o 4, caracterizado porque comprende además una etapa (270) de determinación de un primer campo de desplazamiento y/o de un primer campo de deformación a partir de la primera serie de imágenes numéricas filtradas (600).
6. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4 o 5 caracterizado porque comprende además una etapa (280) de determinación de un segundo campo de desplazamiento y/o de un segundo campo de deformación a partir de la segunda serie de imágenes numéricas filtradas (700).
7. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizado porque la etapa (280) de determinación y de un segundo campo de desplazamiento y/o de un segundo campo de deformación se inicializa por el primer campo de desplazamiento y/o el primer campo de deformación.
8. Sistema de medición de desplazamiento y/o de deformación de una pieza de estudio (150) sometida a una tensión exterior, la superficie de dicha pieza de estudio comprende una textura que tiene naturalmente un primer moteado que comprende un primer color y un segundo moteado que comprende un segundo color diferente al primer color, el primer moteado comprende una primera longitud de correlación y el segundo moteado comprende una segunda longitud de correlación diferente a la primera longitud de correlación, dicho sistema comprende medios para:
 - adquirir (250) una pluralidad de imágenes numéricas (500) en colores de la superficie de la pieza de estudio (150) por medio del dispositivo de adquisición de imágenes numéricas en colores (110) durante la aplicación de una tensión exterior sobre dicha pieza de estudio (150),
 - tratar (260) las imágenes numéricas (500) en colores adquiridas en la etapa de adquisición (250) de una pluralidad de imágenes numéricas en colores (500), lo que proporciona series de imágenes numéricas tratadas, cada una de estas ponen en evidencia los detalles que resaltan sobre escalas variables, y
 - correlacionar (270, 280) el conjunto de imágenes numéricas tratadas de cada serie para determinar los campos de desplazamiento en las escalas asociadas a cada tratamiento (260).

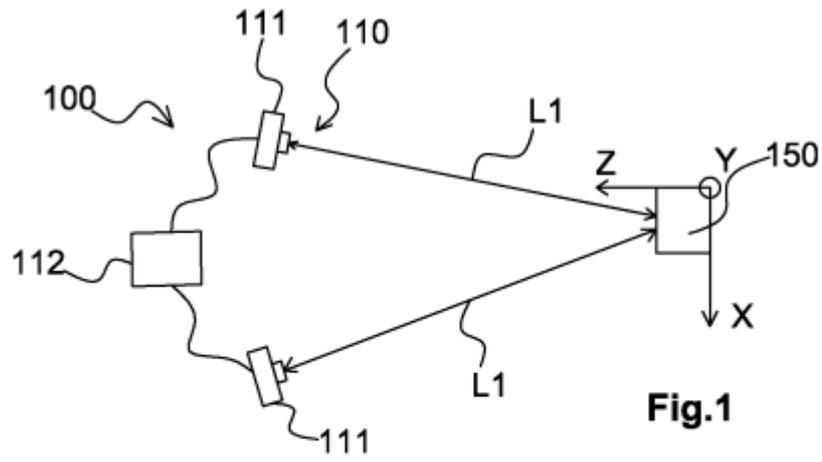


Fig.1

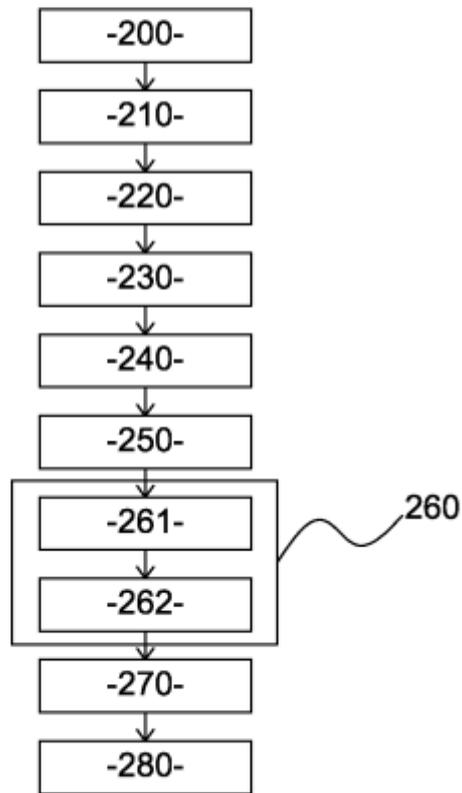


Fig.2

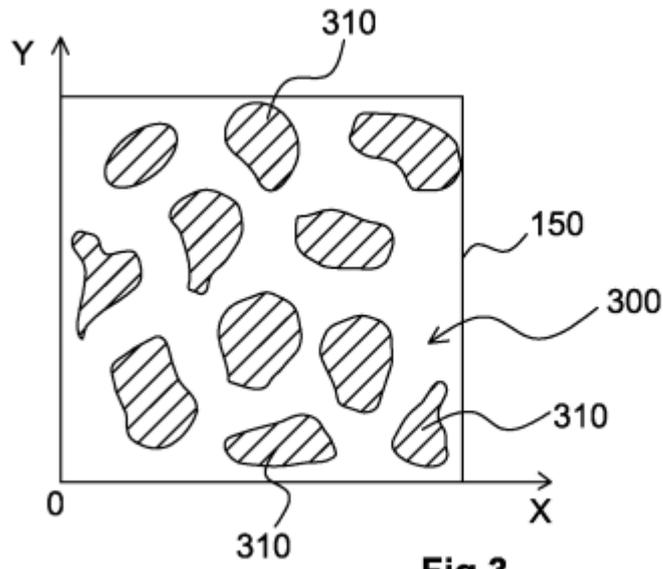


Fig.3

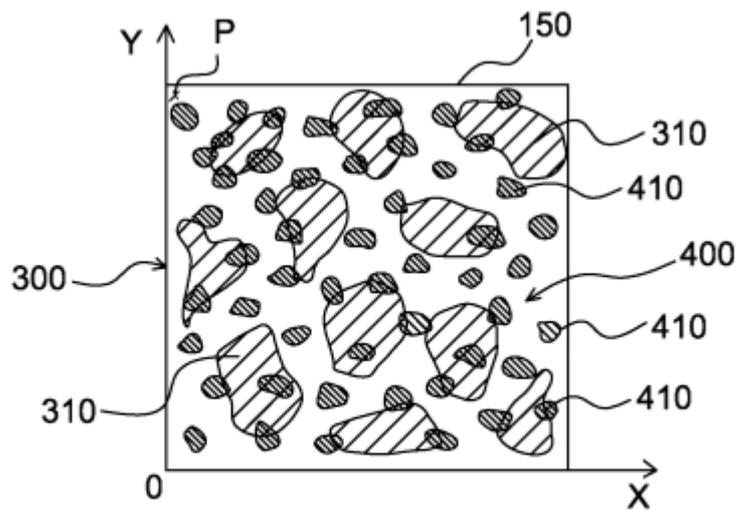


Fig.4

