

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 973 358**

51 Int. Cl.:

B28B 17/00 (2006.01)
G06Q 10/0639 (2013.01)
G06Q 50/04 (2012.01)
G01N 21/95 (2006.01)
G01S 17/42 (2006.01)
G01S 17/88 (2006.01)
G01S 17/89 (2010.01)
G06F 18/2431 (2013.01)
G06V 20/00 (2012.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.12.2020 PCT/EP2020/085050**
 87 Fecha y número de publicación internacional: **17.06.2021 WO21116093**
 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.12.2020 E 20821191 (2)**
 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.11.2023 EP 4072808**

54 Título: **Método y dispositivo asistido por ordenador para probar la calidad de hormigón visto**

30 Prioridad:

10.12.2019 DE 102019219269

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
19.06.2024

73 Titular/es:

**PERI SE (100.0%)
Rudolf-Diesel-Str. 19
89264 Weißenhorn, DE**

72 Inventor/es:

**STAVES, HENNING;
SPAN, WOLFGANG y
BOTZENHART, FLORIAN**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 973 358 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

Método y dispositivo asistido por ordenador para probar la calidad de hormigón visto

5 La presente invención se refiere a un método asistido por ordenador y a un dispositivo electrónico correspondiente para comprobar la calidad del hormigón visto de un componente de hormigón con respecto a una clase de hormigón visto SB1 a SB4 definida, estando registrada la superficie exterior del componente de hormigón al menos parcialmente con un dispositivo de medición óptico para pruebas de calidad. La invención también se refiere a un terminal digital móvil, en particular a un teléfono inteligente, que está equipado con dicho dispositivo, y a un programa informático
10 instalado en el mismo con medios de código de programa para llevar a cabo dicho método. Además, la invención también incluye el uso de un modelo de aprendizaje automático entrenado para asignar la superficie exterior grabada ópticamente a una clase predefinida de hormigón visto, así como un método para entrenar el modelo de aprendizaje automático.

15 El campo de aplicación de la invención se extiende a la tecnología de la construcción y se dedica específicamente a las pruebas de calidad en el contexto de la producción de hormigón visto. El hormigón visto se refiere a componentes de hormigón cuyas superficies exteriores, que sirven como superficies visibles, forman parte del diseño arquitectónico o interior del edificio. En sentido estricto, el término hormigón visto se limita a las superficies exteriores de componentes de hormigón que durante la producción entraron en contacto con la piel o forro de encofrado de una disposición de encofrado necesaria para la producción. Aunque las superficies exteriores de hormigón visto existen en muchas formas y técnicas de fabricación diferentes, por ejemplo coloreadas, labradas en piedra, acidificadas, lavadas y similares, todas estas superficies exteriores son originalmente superficies de encofrado y tienen una apariencia que está más o menos determinada por el revestimiento de encofrado. En la producción de hormigón visto, la calidad de la superficie reproducible juega un papel decisivo, ya que el resultado final depende de muchos factores que influyen.

25 Estado de la técnica

Según el estado de la técnica generalmente conocido, la calidad de superficie del hormigón visto se determina normalmente mediante la información técnica comprobada "Hoja informativa sobre hormigón visto" (editor: Asociación Alemana de Técnicas del Hormigón y de la Construcción y Asociación Alemana de Cementeras, edición de 53 páginas, 2004). Esto da como resultado definiciones concretas de los requisitos para las clases de hormigón visto SB1 a SB4, que sirven como punto de referencia de calidad en la práctica. Hasta ahora, la evaluación se ha llevado a cabo inspeccionando visualmente la superficie exterior del componente de hormigón y asignándolo a una de las clases de hormigón visto definidas con los respectivos requisitos técnicos y criterios de diseño individuales.

35 La clase de hormigón visto SB1 se asigna a superficies de hormigón con requisitos de diseño bajos, que se desean, por ejemplo, para paredes de sótanos o similares. Estos bajos requisitos para la superficie de hormigón vista formada se definen en términos de parámetros estructurales tales como textura, porosidad, uniformidad de color, uniformidad, juntas de construcción y juntas de encofrado y similares. En lo que respecta al parámetro estructural "Textura", para el hormigón visto de la clase SB1 se aplican los requisitos de una superficie de pasta de cemento o mortero muy cerrada, siendo posible pasta de cemento/mortero fino de hasta unos 20 mm de ancho y unos 10 mm de profundidad en las juntas de encofrado, así como una impresión del marco del elemento de encofrado. Respecto al parámetro estructural "porosidad" se permite una proporción de poros con un diámetro de poro entre 2 y 16 mm de aproximadamente el 1,2% de la superficie de prueba. En cuanto al parámetro "uniformidad del color", se permiten decoloraciones claras/oscuras, pero no se permiten manchas de suciedad. El parámetro estructural "planicidad" se basa en los requisitos de uniformidad según DIN 18202 [R12], tabla 3, línea 5. Y el parámetro estructural "juntas de construcción y juntas de encofrado" se cumple para el hormigón visto de la clase SB1, si existe un desplazamiento de las superficies en la junta o en la zona de la junta no supera los 10 mm.

50 En contraste con esto, la clase de hormigón visto SB4 define parámetros estructurales para superficies de hormigón con requisitos de diseño especialmente altos para componentes representativos y similares. Para ello se necesita una superficie de hormigón lisa, cerrada y en gran medida uniforme para el parámetro estructural "textura". En las juntas de encofrado se permiten fugas de pasta de cemento/mortero fino de hasta 3 mm de ancho. Sólo se permiten rebabas finas y técnicamente inevitables de hasta 3 mm. Respecto al parámetro estructural "porosidad", sólo aproximadamente el 0,3% de la superficie de prueba pueden presentar poros con un diámetro entre 2 y 15 mm. El parámetro estructural de uniformidad del color se cumple cuando sólo hay ligeras decoloraciones claras/oscuras, como una ligera formación de nubes y pequeñas desviaciones del tono de color. Sin embargo, no se permiten manchas de suciedad ni capas sueltas claramente visibles ni decoloración. El parámetro estructural de "planicidad" se define según DIN 18202 [R12], tabla 3, línea 6 y el parámetro estructural "juntas de construcción y juntas de encofrado" permite, por ejemplo, un desplazamiento de las superficies en la junta o zona de junta de hasta 3 mm.

Entre la clase de hormigón visto SB1 para requisitos bajos y la clase de hormigón visto más alta SB4 para requisitos especiales, las clases intermedias de hormigón visto SB2 y SB3 definen parámetros estructurales para superficies de hormigón con requisitos de diseño normales, como escaleras (SB2) o fachadas (SB3).

65 Todos los parámetros estructurales ejemplares explicados anteriormente se registran en la "Hoja de información de

hormigón visto” en una tabla principal (Tabla 1), y cada parámetro estructural se define con respecto a sus respectivas características en una subtabla (Tabla 2) con información adicional. Por tanto, la evaluación subjetiva manual es bastante larga.

5 De este conjunto de reglas ya conocido se deduce que la clasificación de la superficie de una pieza de hormigón con respecto a una determinada clase de hormigón visto SB1 a SB4 está sujeta a las influencias subjetivas del observador. Además, las diferentes condiciones de iluminación y/o las condiciones de contraste desfavorables de la superficie a
10 comprobar pueden dificultar la evaluación y clasificación. Además, la complejidad del conjunto de reglas también puede provocar asignaciones incorrectas, por ejemplo, al interpretar y clasificar incorrectamente parámetros estructurales basándose en criterios descriptivos puramente textuales. En la práctica, puede ocurrir ciertamente que la misma superficie exterior de una pieza de hormigón sea clasificada en diferentes clases de hormigón visto SB1 a SB4 por diferentes personas utilizando las mismas reglas, ya que, por ejemplo, la impresión general de una superficie parcial de hormigón desmiente la parámetros estructurales inadecuados.

15 El documento US 2018/040119 A1 describe un sistema y un método para escanear con láser una o más superficies, preferiblemente superficies exteriores, de componentes de hormigón. Los datos de la imagen también contienen información de distancia para generar una imagen tridimensional con fines de prueba.

20 El documento CN 110 162 925 A describe un método asistido por ordenador para probar la calidad del hormigón de un componente de hormigón, cuya superficie exterior se registra al menos parcialmente con un dispositivo de medición óptico para crear una imagen tridimensional de al menos parte de la superficie exterior con un sensor que genera una nube de puntos. Posteriormente, se lee información de la estructura de superficie y profundidad de esta imagen tridimensional, después de lo cual la información de estructura de superficie y profundidad leída de la imagen tridimensional se compara con la información de estructura de superficie y profundidad almacenada en un banco de
25 muestras. Entonces se produce una comparación relativa.

A partir del documento CN 108 197 802 A también se proporciona una solución técnica para probar la calidad del hormigón de un componente de hormigón.

30 Por lo tanto, el objetivo de la presente invención es proporcionar un medio para comprobar la calidad del hormigón visto de un componente de hormigón mediante un método asistido por ordenador y un dispositivo electrónico correspondiente, con el que sea posible un control de calidad objetivo con respecto a clases de hormigón visto definidas en un corto período de tiempo.

35 Exposición de la Invención

El problema se soluciona con un método asistido por ordenador según la reivindicación 1. La reivindicación independiente 13 especifica un dispositivo electrónico correspondiente que, con respecto a la reivindicación 15, también puede formar parte de un terminal digital móvil, en particular un teléfono inteligente, en el que está instalado
40 un programa de ordenador con un código de programa para realizar el método según la reivindicación 17. Además, la invención también está dedicada en la reivindicación 12 a un método para entrenar un modelo de aprendizaje automático entrenable para la clasificación con respecto a una clase de hormigón visto SB1 a SB4. Las reivindicaciones dependientes restantes especifican realizaciones preferidas de la invención.

45 La invención incluye la enseñanza del método de que comprobar la calidad del hormigón visto comprende los siguientes pasos:

- Crear una imagen tridimensional de al menos parte de la superficie exterior mediante un sensor de un
50 dispositivo de medición óptico que genera una nube de puntos. En el marco de la presente invención se utiliza preferentemente un sensor llamado LIDAR como sensor de generación de nubes de puntos. LIDAR es una tecnología relacionada con el radar. En lugar de ondas de radio, un escáner 3D emite pulsos láser que inciden en los objetos y se reflejan, de forma invisible para el ojo humano. El sensor mide el tiempo de tránsito entre la emisión y el retorno del pulso láser y lo utiliza para calcular la distancia entre el sensor y el objeto con alta resolución. Un LIDAR hace esto hasta un millón de veces por segundo y resume los resultados en una imagen tridimensional que se genera en tiempo real. Estas llamadas nubes de puntos son tan detalladas que pueden usarse no sólo para reconocer objetos, sino también para identificarlos, que es de lo que se aprovecha la presente invención. Para verificar la imagen, el sensor que genera nubes de puntos se puede combinar con una cámara fotográfica convencional que genera una imagen bidimensional.
- Lectura de información de superficie y estructura profunda de la imagen tridimensional mediante una unidad de tratamiento de imágenes. La nube de puntos o el modelo o estructura de red correspondiente, que puede derivarse de un escaneo LIDAR, captura la superficie de hormigón visto con información de profundidad y haciendo referencia al tamaño.
- Comparación de la información leída de la superficie y de la estructura profunda de la imagen tridimensional con la información de la superficie y de la estructura profunda que es característica de las clases de hormigón visto SB1 a SB4 y almacenada en una base de datos de muestra mediante una unidad de análisis. La unidad
65

de análisis puede comparar el conjunto de datos de sensores de la zona de hormigón visto a evaluar con una superficie óptimamente lisa o con zonas de muestra características de las respectivas clases de hormigón visto SB1 a SB4. Por ejemplo, se pueden medir el tamaño de los poros, las desviaciones en la uniformidad, así como las impresiones en el patrón de hormigón con las características y dimensiones asociadas, basándose en los valores de los parámetros estructurales aplicables a las respectivas clases de hormigón visto SB1 a SB4.

- Asignar el componente de hormigón a una de las clases de hormigón visto SB1 a SB4 para mostrar el resultado mediante una unidad de visualización. Esto significa que, dependiendo de las características de textura, porosidad, uniformidad y otros parámetros estructurales similares, la superficie de hormigón a evaluar se asigna a la correspondiente clase de hormigón visto SB1 a SB4.

Para obtener una impresión adicional de una posible decoloración de la superficie exterior a comprobar, a la información de escaneo del sensor, preferiblemente LIDAR, se le deben superponer imágenes de una cámara fotográfica en color como componente adicional del dispositivo de medición óptico. Esto permite en particular mejorar la clasificación con respecto al parámetro estructural de la uniformidad del tono de color.

Preferiblemente, la clasificación según la invención utiliza información estructural de superficie y profundidad, que se definen como parámetros estructurales en la "Hoja de información de clases de hormigón visto". Estos parámetros estructurales incluyen en particular los parámetros de textura T1 a T3, los parámetros de porosidad P1 a P4, los parámetros de uniformidad del tono de color FT1 a FT3, los parámetros de planicidad E1 a E3, los parámetros de unión AF1 a AF4.

Partiendo de esto, la comparación con respecto a los parámetros de textura T1 a T3 se realiza preferentemente mediante una comparación de patrones de textura detectados en la superficie con la asignación de dimensiones correspondiente. La comparación con respecto a los parámetros de porosidad P1 a P3 se realiza preferentemente contando y midiendo el tamaño de los poros detectados en la superficie exterior. La comparación con respecto a los parámetros de uniformidad del tono de color FT1 a FT3 se realiza preferentemente detectando decoloraciones detectadas en la superficie exterior en contraste con el color básico del material de hormigón. La comparación de los parámetros de planicidad E1 a E3 se realiza preferentemente analizando el desarrollo de las fluctuaciones de profundidad detectadas a lo largo de la superficie exterior. Dado que la información de la estructura profunda de la superficie del hormigón también se puede registrar con un escaneo LIDAR, con ello se puede evaluar la uniformidad con extrema precisión en comparación con los valores de referencia. La comparación con respecto a los parámetros de unión AF1 a AF4 se lleva a cabo preferentemente comparando patrones de juntas de trabajo y de encofrado detectados en la superficie exterior con la asignación de dimensiones correspondiente con respecto a, preferentemente, anchura y longitud.

En este punto cabe recalcar una vez más que el catálogo de parámetros estructurales no está completo, pero que también se pueden utilizar otros parámetros estructurales, que no necesariamente tienen que formar parte de la "Ficha Informativa de hormigón visto", para comprobar la calidad de una superficie de hormigón visto, siempre que provengan de la imagen tridimensional determinada por la tecnología de sensores y de la información resultante de la superficie y de la estructura profunda.

Preferiblemente, el componente de hormigón a comprobar se asigna a una de las clases de hormigón visto SB1 a SB4 mediante un análisis de datos automatizado, por ejemplo basándose en un método de árbol de decisión basado en los parámetros estructurales.

Según otra medida que mejora la invención, está previsto que a partir de la información estructural leída en superficie y en profundidad se evalúe una representación que proporcione información sobre al menos uno de los parámetros estructurales mencionados anteriormente, basándose la representación en un modelo de aprendizaje automático entrenado. Se muestra para la clase de hormigón visto SB1 a SB4, a la que pertenece la imagen tridimensional. Esto permite en particular enriquecer la base de datos de muestra destinada a fines de comparación con conjuntos de datos adicionales.

El entrenamiento de un modelo de aprendizaje automático entrenable para dicha aplicación se lleva a cabo preferentemente según los siguientes pasos:

- Proporcionar ejemplos de entrenamiento de información de estructuras de superficie y profundidad obtenidas del dispositivo de medición óptico, preferiblemente con un sensor LIDAR y una cámara fotográfica opcional;
- Evaluar representaciones de entrenamiento a partir de los ejemplos de entrenamiento que proporcionan información sobre al menos uno de los parámetros estructurales que es detectable o visible en los respectivos ejemplos de entrenamiento,
- Etiquetar las representaciones de entrenamiento con las clases de hormigón visto objetivo de acuerdo con la "Ficha de información de hormigón visto", a la que pertenecen las imágenes visibles en los ejemplos de entrenamiento,

- Mapear los ejemplos de entrenamiento sobre las clases de hormigón visto utilizando el modelo de aprendizaje automático,
- Evaluar la desviación de estas clases de hormigón visto de las respectivas clases de hormigón visto objetivo con un objetivo específico o función de costes, mediante lo cual los parámetros que caracterizan el comportamiento del modelo de aprendizaje automático se optimizan con el objetivo de un procesamiento o tratamiento adicional de las representaciones de entrenamiento por parte de la máquina. Se espera que el modelo conduzca a una mejor evaluación por parte de la función objetivo o de costes.

El objetivo de dicha optimización es minimizar el objetivo dado o la función de costes. En general, la función objetivo o de costes en el aprendizaje automático describe la desviación del modelo seleccionado de los datos disponibles. El diseño de la función de costes determina cualitativa y cuantitativamente qué desviaciones se castigan y cómo.

De este modo, el algoritmo de aprendizaje automático recibe retroalimentación positiva o negativa de la función objetivo o de costes, lo que le permite llegar a una evaluación significativa en muchos pasos iterativos en un entorno de simulación.

A continuación se muestran con más detalle otras medidas que mejoran la invención junto con la descripción de un ejemplo de realización preferido por medio de las figuras. Muestran:

La Figura 1, un diagrama de bloques de un dispositivo electrónico para probar la calidad del hormigón visto de un componente de hormigón con respecto a un hormigón visto de clase SB1 a SB4, la Figura 2, una representación esquemática de un terminal digital móvil con un dispositivo según la Figura 1, la Figura 3, un diagrama de flujo esquemático de un método asistido por ordenador para probar la calidad de hormigón visto utilizando un dispositivo según la Figura 1.

Según la Figura 1, un dispositivo electrónico para probar la calidad del hormigón visto de un componente de hormigón 1 de acuerdo con las clases de hormigón visto SB1 a SB4 definidas en la "Hoja de información de hormigón visto" que consiste esencialmente en un dispositivo de medición óptico 3 que detecta al menos parcialmente la calidad de la superficie exterior 2 del componente de hormigón 1. El dispositivo de medición óptico 3 comprende un sensor LIDAR 4 para capturar una imagen tridimensional 5 y una cámara fotográfica 6 dispuesta adyacente al mismo para capturar información de imagen en color bidimensional superpuesta.

Una unidad de tratamiento de imágenes 7 lee la información estructural de superficie y profundidad contenida en la misma a partir de la imagen tridimensional 5 generada por el dispositivo de medición óptico 3 y la imagen bidimensional de la cámara fotográfica 6, que es necesaria para determinar los parámetros estructurales para la clasificación con respecto a las clases de hormigón visto SB1 a SB4.

Una unidad de análisis posterior 8 compara esta información de estructura de superficie y profundidad con información de estructura de superficie y profundidad (parámetros estructurales) que es característica de las clases de hormigón visto SB1 a SB4 y que está almacenada en una base de datos de patrones o muestras 9 para asignar finalmente el componente de hormigón 1 a una de las clases de hormigón visto SB1 a SB4 para la salida del resultado mediante una unidad de visualización 10.

El dispositivo descrito anteriormente puede ser parte de un terminal digital móvil ilustrado en la Figura 2 - aquí un teléfono inteligente - donde el sistema de sensor óptico 11 del teléfono inteligente incluye el sensor LIDAR 4 y la cámara fotográfica 6. Un microprocesador integrado 12 realiza la funcionalidad de la unidad de tratamiento de imágenes 7 y de la unidad de análisis 8 bajo control de software, siendo una pantalla 13 del teléfono inteligente la unidad de visualización 10 para mostrar los resultados de la inspección de calidad. A continuación se muestra la clase de hormigón visto SB1, SB2, SB3 o SB4 determinada mediante el sistema de sensor óptico 11 según el método de clasificación explicado anteriormente. Además, como parte de una funcionalidad ampliada, también se pueden mostrar, por ejemplo, los valores determinados para los distintos parámetros estructurales utilizados para la evaluación y similares.

El terminal móvil también contiene una memoria 14, que en esta realización ejemplar contiene la base de datos de patrones o muestras 9.

Según la Figura 3, un método asistido por ordenador para probar la calidad de hormigón visto con respecto a una clase de hormigón visto SB1 a SB4 definida incluye los siguientes pasos:

En primer lugar, se crea una imagen tridimensional 4 (I) de al menos parte de la superficie exterior de la pieza de hormigón utilizando medios sensores para generar una nube de puntos. A continuación se lee (II) la información de estructura de superficie y profundidad SI de la imagen tridimensional 4. A continuación se compara (III) la información de estructura de superficie y profundidad SI leída de la imagen tridimensional 4 con la información de estructura de superficie y profundidad SI, característica de las clases de hormigón visto SB1 a SB4 y almacenada en una base de

datos de patrones o muestras 9, para finalmente asignar (IV) el componente de hormigón a una de las clases de hormigón visto SB1 a SB4 para que la salida del resultado se lleve a cabo mediante una unidad de visualización 10.

5 Para entrenar un modelo de aprendizaje automático para la clasificación con respecto a una de las clases de hormigón visto SB1 a SB4, se llevan a cabo los siguientes pasos:

10 En primer lugar, se proporcionan ejemplos de entrenamiento (V) de información de estructura de superficie y profundidad que se obtuvieron del dispositivo de medición óptica 3. A continuación se lleva a cabo una evaluación (VI) de representaciones de entrenamiento de los ejemplos de entrenamiento, que proporcionan información sobre al menos uno de los parámetros estructurales que es detectable o visible en los respectivos ejemplos de entrenamiento. Luego, las representaciones de entrenamiento se etiquetan (VII) con las clases de hormigón visto al objetivo a las que pertenecen las imágenes visibles en los ejemplos de entrenamiento. A continuación, el modelo de aprendizaje automático asigna los ejemplos de entrenamiento (VIII) a clases de hormigón visto. Finalmente, la desviación de estas clases de hormigón visto de las respectivas clases de hormigón visto objetivo se evalúa (IX) con una función objetivo o de costes predeterminada, optimizándose los parámetros que caracterizan el comportamiento del modelo de aprendizaje automático con el objetivo de procesar representaciones de entrenamiento adicionales. Se espera que los resultados del modelo de aprendizaje automático conduzcan a una mejor evaluación por parte de la función objetivo o de costes.

20 La invención no se limita a la realización preferida descrita anteriormente. Más bien, también son concebibles modificaciones de la misma, que están incluidas en el ámbito de protección de las siguientes reivindicaciones. Por ejemplo, también es concebible que la base de datos de patrones o muestras 9 no esté almacenada en el dispositivo móvil, sino que esté diseñada mediante acceso remoto a datos como una base de datos central de patrones o muestras 9', que se actualiza y/o entrena de forma centralizada para todos los dispositivos móviles que acceden a ella. También es posible realizar una evaluación a través de la computación en la nube. Para ello, sólo se transmiten a una nube los datos de la imagen o del sensor. Aquí se realiza el análisis y procesamiento o tratamiento propiamente dicho.

Lista de símbolos de referencia

30	1	Componente de hormigón
	2	Superficie exterior
	3	Dispositivo de medición óptico
	4	Imagen tridimensional
	5	Sensor LIDAR
35	6	Cámara fotográfica
	7	Unidad de tratamiento de imágenes
	8	Unidad de Análisis
	9	Base de datos de patrones o muestras
	10	Unidad de visualización
40	11	Sensores ópticos
	12	Microprocesador
	13	Pantalla
	14	Memoria
45	100	Teléfono inteligente
	SB1 a SB4	Clase de hormigón visto según "Ficha informativa de hormigón visto"
	SI	Información de estructura de superficie y profundidad
	T1 a T3	Parámetros de textura
50	P1 a P4	parámetros de porosidad
	FT1 a FT3	Parámetro de uniformidad del tono de color
	E1 a E3	Parámetros de planicidad
	AF1 a AF4	Parámetros de unión

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método asistido por ordenador para probar la calidad del hormigón visto de un componente de hormigón (1) con respecto a una clase de hormigón visto definida (SB1 a SB4), cuya superficie exterior (2) se detecta al menos parcialmente mediante un dispositivo de medición óptico (3), que comprende los siguientes pasos:
- crear (I) una representación o imagen tridimensional (4) de al menos parte de la superficie exterior (2) mediante un dispositivo óptico de medición (3) con medios sensores para generar una nube de puntos;
 - 10 - leer (II) información de estructura de superficie y profundidad (SI) a partir de la representación o imagen tridimensional (4) mediante una unidad de tratamiento de imágenes (7);
 - comparar (III) la información de estructura de superficie y profundidad (SI) leída de la representación o imagen tridimensional (4) con la información de estructura de superficie y profundidad (SI) característica de las clases de hormigón visto (SB1 a SB4) y almacenada en una base de datos de patrones o muestras (9) mediante una
 - 15 - asignar (IV) el componente de hormigón (1) a una de las clases de hormigón visto (SB1 a SB4) para la salida de resultados mediante una unidad de visualización (10).
- 20 2. Método según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la generación de la nube de puntos se realiza con un sensor LIDAR (5).
3. Método según la reivindicación 1, **caracterizado por que** en la representación o imagen tridimensional (4), a la información de escaneo resultante de la nube de puntos se le superponen informaciones gráficas de color procedentes de una cámara fotográfica (6) del dispositivo óptico de medición (3).
- 25 4. Método según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la información de la estructura de superficie y profundidad se selecciona como parámetros estructurales de un grupo de parámetros que comprende: parámetros de textura (T1 a T3), parámetros de porosidad (P1 a P4), parámetros de uniformidad del tono de color (FT1 a FT3), parámetros de planicidad (E1 a E3), parámetros de unión (AF1 a AF4).
- 30 5. Método según la reivindicación 4, **caracterizado por que** la comparación (III) con respecto a los parámetros de textura (T1 a T3) se lleva a cabo mediante la comparación de patrones de textura detectados en la superficie exterior (2) con la asignación de dimensiones correspondiente.
- 35 6. Método según la reivindicación 4, **caracterizado por que** la comparación (III) con respecto a los parámetros de porosidad (P1 a P3) se realiza contando y dimensionando los poros detectados en la superficie exterior (2).
- 40 7. Método según la reivindicación 4, **caracterizado por que** la comparación (III) con respecto a los parámetros de uniformidad del tono de color (FT1 a FT3) se realiza detectando decoloraciones detectadas en la superficie exterior (2).
- 45 8. Método según la reivindicación 4, **caracterizado por que** la comparación (III) con respecto a los parámetros de planicidad (E1 a E3) se realiza mediante análisis histórico de las variaciones de profundidad detectadas a lo largo de la superficie exterior (2).
- 50 9. Método según la reivindicación 4, **caracterizado por que** la comparación (III) con respecto a los parámetros de unión (AF1 a AF4) se lleva a cabo mediante la coincidencia del patrón de las juntas de trabajo y de revestimiento de encofrado detectadas en la superficie exterior (2) con la asignación de dimensiones correspondiente.
- 55 10. Método según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la asignación (IV) del componente de hormigón (1) a una de las clases de hormigón visto (SB1 a SB4) se realiza mediante el método de árbol de decisión basado en los parámetros estructurales.
- 60 11. Método según la reivindicación 1, **caracterizado por que** se evalúa una representación a partir de la información leída de la estructura de superficie y profundidad, que proporciona información sobre al menos uno de los parámetros estructurales, en donde la representación se asigna a la clase de hormigón visto (SB1 - SB4) con un modelo de aprendizaje automático entrenado, para al que pertenece la representación tridimensional (5).
- 65 12. Método de entrenamiento de un modelo de aprendizaje automático entrenable para su uso en el método según la reivindicación 11, que comprende los pasos de:
- proporcionar (V) muestras de entrenamiento de información de estructura de superficie y profundidad obtenida del dispositivo de medición óptica (3);
 - evaluar (VI) representaciones de entrenamiento a partir de los ejemplos de entrenamiento que proporcionan información sobre al menos uno de los parámetros estructurales detectables o visibles en los respectivos ejemplos de entrenamiento;

- etiquetar (VII) las representaciones de entrenamiento con las clases de hormigón visto objetivo a las que pertenecen las imágenes visibles en los ejemplos de entrenamiento;
- mapear (VIII) los ejemplos de entrenamiento a clases de hormigón visto mediante el modelo de aprendizaje automático;
- evaluar (IX) la desviación de estas clases de hormigón visto de las respectivas clases de hormigón visto objetivo con un objetivo o función de costes determinado;

en el que los parámetros que caracterizan el comportamiento del modelo de aprendizaje automático se optimizan con el objetivo de que se espera que un procesamiento o tratamiento adicional de las representaciones de entrenamiento por parte del modelo de aprendizaje automático conduzca a una mejor evaluación por parte de la función objetivo o de costes.

13. Dispositivo electrónico para probar la calidad del hormigón visto de un componente de hormigón (1) con respecto a una clase de hormigón visto (SB1 a SB4) para llevar a cabo el método según la reivindicación 1, que comprende:

- un dispositivo de medición óptico (3) configurado para detectar al menos una parte representativa de la superficie exterior (2) del componente de hormigón (1), en el que dicho dispositivo de medición óptico (3) crea una representación o imagen tridimensional (4) de al menos una parte de dicha superficie exterior (2) por medios sensores para generar una nube de puntos;
- una unidad de tratamiento de imágenes (7) configurada para leer información de estructura de superficie y profundidad de la representación o imagen tridimensional (4); y
- una unidad de análisis (8) configurada para comparar información de estructura de superficie y profundidad característica para clases de hormigón visto (SB1 a SB4) almacenada en una base de datos de patrones o muestras (9),
- una unidad de visualización (10) configurada para asignar el componente de hormigón (1) a una de las clases de hormigón visto (SB1 a SB4) con el fin de generar resultados.

14. Dispositivo según la reivindicación 13, **caracterizado por que** el dispositivo óptico de medición (3) comprende, además de un sensor LIDAR (5) para generar una nube de puntos, una cámara fotográfica (6) para capturar información de color superpuesta a la misma.

15. Terminal digital móvil, en particular un teléfono inteligente (100), con un dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 13 y 14 anteriores, cuyo sistema de sensores ópticos (11) comprende el sensor LIDAR (4) y la cámara fotográfica (6), cuyo microprocesador (12) incorpora la unidad de tratamiento de imágenes (7) y/o la unidad de análisis (8), y cuya pantalla (13) forma la unidad de visualización (10).

16. Terminal móvil según la reivindicación 15, **caracterizado por que** su memoria (14) contiene la base de datos de patrones o muestras (9), o **por que** se proporcionan medios para el acceso remoto a datos a una base de datos central de patrones o muestras (9').

17. Programa informático con medios de código de programa para ejecutar un método según al menos una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, si el programa informático se ejecuta en un microprocesador (12) de un terminal móvil según la reivindicación 15.

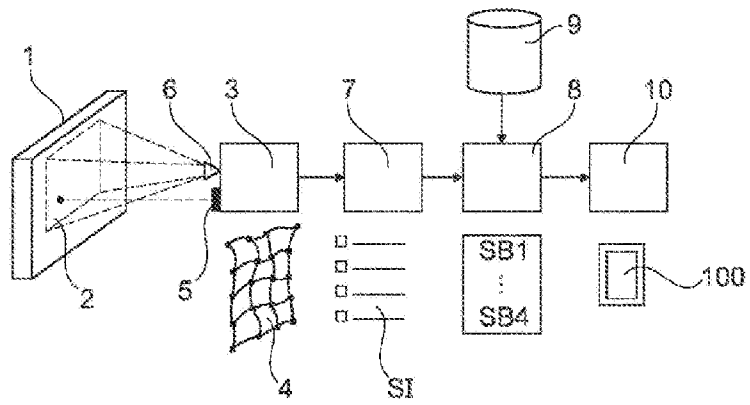


Fig. 1

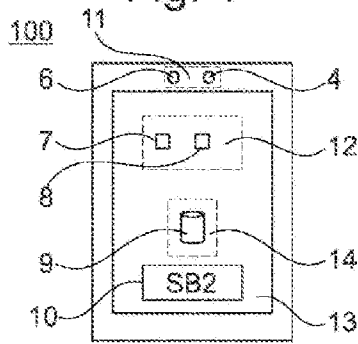


Fig. 2

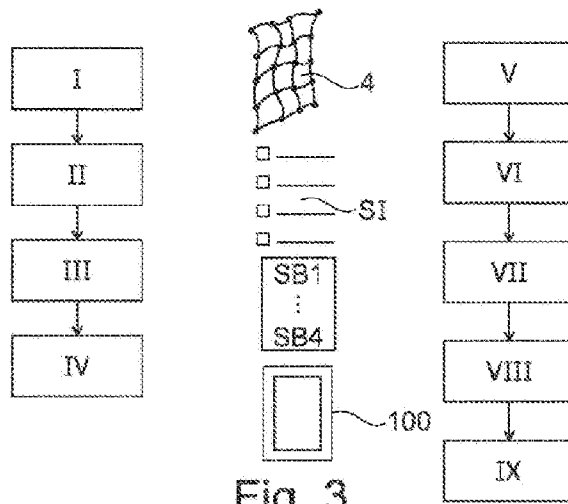


Fig. 3