

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 952 321**

51 Int. Cl.:

B28B 1/00 (2006.01)

B28B 1/52 (2006.01)

B28B 19/00 (2006.01)

B33Y 40/20 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.01.2022 E 22150502 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.06.2023 EP 4035857**

54 Título: **Procedimiento para fabricar objetos reforzados, a base de hormigón o mortero, impresos en 3D**

30 Prioridad:

01.02.2021 AT 500622021

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

30.10.2023

73 Titular/es:

BAUMIT BETEILIGUNGEN GMBH (100.0%)

Wopfing 156

2754 Waldegg, AT

72 Inventor/es:

ARTNER, EDUARD;

WEISSMANN, PETER;

WALLNER, CHRISTOPH;

BALOG, OLIVER;

GUTMANN, MARTIN y

SCHIPFER-DOHR, KATJA

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 952 321 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 para fabricar objetos reforzados, a base de hormigón o mortero, impresos en 3D

Área técnica

5 La presente invención hace referencia a un procedimiento para fabricar objetos reforzados, a base de hormigón o mortero, impresos en 3D, como por ejemplo objetos en forma de placas, que son planos, curvados de forma simple o curvados de forma doble, donde primero se fabrica un cuerpo base no reforzado, en impresión 3D.

Estado de la técnica

10 Una de las propiedades básicas esenciales de los materiales de construcción minerales ligados con cemento (hormigones y morteros), consiste en que los mismos presentan resistencias a la compresión elevadas, pero sólo resistencias a la tracción, así como a la flexión, comparativamente reducidas.

15 En el caso de una carga, debido a fuerzas introducidas de forma estática o dinámica, sobre el componente actúan casi siempre fuerzas de tracción o de flexión que, al superarse la resistencia propia del componente, en general son responsables de que se produzca una falla del componente/un rotura. Por ese motivo, al presentarse fuerzas más elevadas en el caso de cargas estáticas o dinámicas, actualmente el estado de la técnica consiste en reforzar los componentes de esa clase, ligados con cemento, con materiales resistentes a la tracción. Para la armadura/el refuerzo del componente se utilizan mayormente estructuras de acero, pero también materiales alternativos de material base a modo de fibras, como carbono, SiC, basalto, cerámica, metal, wollastonita, vidrio AR o materiales de polímeros en forma de fibras, rejillas, barras, hilos, bolsas, estructuras, cables, cordones, soportes, etc.

20 Todos esos materiales presentan la propiedad básica de que pueden absorber fuerzas de tracción o de flexión muy elevadas y, por tanto, en combinación con los materiales minerales ligados con cemento, relativamente quebradizos, alcanzan una marcada mejora de las propiedades de resistencia a la tracción o a la flexión.

25 1. Las armaduras de esa clase, sin embargo, en el caso de la impresión 3D, a base de hormigón o mortero, sólo pueden realizarse con una inversión técnica relativamente grande. Una ventaja importante de la impresión 3D consiste en que el procedimiento de fabricación puede realizarse de forma completamente automática: el sistema de guiado de boquillas mecatrónico programable (por ejemplo una cabeza de boquilla colocada en un brazo de robot) se desplaza hacia los puntos deseados y aplica una cantidad de hormigón o de mortero definida de forma precisa. El dispositivo, sin ninguna modificación, puede fabricar de forma tridimensional («imprimir») los más diversos objetos.

30 2. Pero si se proporciona una armadura, entonces el dispositivo resulta menos flexible o esencialmente más complicado. De este modo, en la solicitud EP 3431172 A, figura 15, se muestra que sobre un objeto fabricado en impresión 3D, aún blando, en forma de placa, se coloca una rejilla y después se pulveriza más hormigón con una boquilla. Sin embargo, esto presupone que previamente se fabrique una rejilla adaptada para cada objeto 3D, con dimensiones correspondientes, debido a lo cual se pierde en gran medida la flexibilidad de la fabricación antes indicada, y se originan desventajas técnicas en cuanto a los costes. En la solicitud EP 35 3431172 A se describe un procedimiento para fabricar objetos reforzados, a base de hormigón, impresos en 3D, según el preámbulo de la reivindicación 1.

40 3. En las figuras 16-20 de ese documento se muestra una clase de «boquilla doble», mediante la cual puede pulverizarse hormigón o mortero hacia ambos lados de una armadura. En este caso puede tratarse de elementos de armadura textiles o a modo de fibras, pero también de armaduras de materiales metálicos, de polímeros o de otros materiales no metálicos. Aparte de que una «boquilla doble» de esa clase ya es bastante compleja en sí misma, se agrega el esfuerzo de la inserción de los elementos de refuerzo, igualmente si esa inserción tiene lugar ahora de forma automática o manual.

45 Debido a esta problemática también ya ha sido propuesto utilizar un hormigón reforzado con fibras para la impresión 3D, véase por ejemplo la solicitud WO 2019/089771. Según ese documento, las fibras se mezclan en el hormigón seco ya al comienzo (véase el párrafo [0123] del mencionado documento). En este caso, sin embargo, la cantidad agregada de fibras está limitada a aproximadamente 1%, y también las longitudes posibles de las fibras son limitadas: en el caso de cantidades utilizadas más elevadas y de longitudes mayores de las fibras, la viscosidad del mortero aumenta en algo grado, el transporte del mortero fresco hacia la boquilla se complica y las fibras en parte quedan suspendidas en el interior de la boquilla, debido a lo cual ésta tiende a obstruirse. Además, el mortero fresco ya no es compacto. Además, es desventajoso el hecho de que la adición de fibras de modo uniforme en todo el hormigón o el mortero aumenta marcadamente los costes de la fabricación.

50

Por Durapact se conoce una boquilla, véase <https://durapact.de/product/concentric-spray-head/>, en la cual una hebra de fibra continua, a alta velocidad, se corta con la ayuda de una cuchilla, a una longitud de la fibra definida, después de lo cual los trozos de fibra, mediante la presión del aire, se introducen en el mortero, de manera que mortero en partes finas y fibras se proyectan desde la boquilla en una mezcla de aire-mortero-fibras.

- 5 Esa boquilla se utiliza hasta el momento para la fabricación de placas de hormigón de fibras de vidrio, mediante el empleo de moldes prefabricados. En ese caso se bomba hormigón hacia esa boquilla especial; allí se agregan aproximadamente 5% de fibras de vidrio. A continuación, el material se inyecta en los moldes, se comprime y se moldea después de un periodo determinado.

- 10 Otra aplicación de esa boquilla se describe en la publicación "Robotic AeroCrete - A novel robotic spraying and surface treatment technology for the production of slender reinforced concrete elements" (http://papers.cumincad.org/data/works/att/ecaadesigradi2019_675.pdf). Ese procedimiento se caracteriza porque hormigón proyectado, reforzado con fibras de vidrio, con esa boquilla y con la ayuda de un robot, se pulveriza sobre rejillas o redes de armadura de cualquier forma, cortadas a medida. Las mismas actúan como un encofrado durante el proceso de pulverización y, en el estado endurecido del hormigón, como una armadura. Este procedimiento debería permitir fabricar elementos de hormigón delgados, reforzados, de manera rentable.

Breve descripción de la invención

- 20 El objeto de la presente invención consiste en crear un procedimiento para fabricar objetos a base de hormigón o de mortero, impresos en 3D, moldeados libremente, que sea flexible, que pueda realizarse con boquillas para impresión 3D convencionales, que necesite sólo una inversión adicional reducida para el material y que no requiera la construcción de moldes.

- 25 Dicho objeto, según la invención, se soluciona mediante un procedimiento de la clase mencionada en la introducción, de manera que sobre el cuerpo base se pulveriza un hormigón reforzado con fibras o mortero, con una boquilla, en la cual una hebra de fibra continua se corta con la ayuda de una cuchilla, a una longitud de la fibra definida, después de lo cual los trozos de fibra, mediante la presión del aire, se introducen en el hormigón o el mortero, de manera que mortero en partes finas y fibras se proyectan desde la boquilla en una mezcla de aire-mortero-fibras y se aplican sobre el cuerpo base impreso en 3D, en forma de un compuesto.

- 30 Fundamentalmente se trata por tanto de una nueva utilización de la boquilla conocida por Durapact. Si la misma hasta el momento se utilizaba para fabricar placas reforzadas con fibras de forma continua mediante el empleo de un molde negativo prefabricado, según la invención ésta se utiliza para reforzar o para la armadura superficial de objetos fabricados con hormigón o mortero en impresión 3D, no reforzados. Con ello se evitan las desventajas de los procedimientos anteriores para fabricar objetos reforzados en impresión 3D. A diferencia de la solicitud EP 3431172 A, figura 15, antes mencionada, no es necesario realizar previamente una armadura propia en el tamaño correcto para cada objeto. A diferencia de las figuras 16-20 de ese documento, no se necesitan boquillas especiales ni es necesario posicionar de forma manual o automática tiras de refuerzo o rejillas de refuerzo prefabricadas. A diferencia de la solicitud WO 2019/089771 A mencionada no es necesario fabricar el objeto totalmente de material reforzado con fibras, gracias a lo que se ahorran costes. Puesto que con la boquilla proporcionada según la invención en el hormigón o el mortero pueden introducirse fibras relativamente largas, es suficiente con poco material de fibras (las fibras se encuentran sólo en la superficie de los objetos), pero sin embargo se alcanzan valores de resistencia muy elevados debido al refuerzo de fibras.

- 40 El procedimiento según la invención, mediante la aplicación de una capa de hormigón con fibras adicional, posibilita reforzar componentes impresos en 3D en forma de placas (éstos pueden ser planos, curvados, o curvados de forma doble), así como objetos de impresión 3D con las más diversas geometrías espaciales, de manera que se alcanza un marcado aumento de la resistencia a la tracción y a la flexión y, asociado a ello, se impide la aparición de un posible daño, como por ejemplo la presencia de roturas o de una rotura por fragilidad.

- 45 Lo particular reside aquí en el hecho de que mediante la combinación de esos dos métodos (impresión 3D/pulverización de la armadura de fibras), los objetos 3D conformados libremente pueden reforzarse de forma estática muy rápidamente y de forma conveniente en cuanto a los costes, sin tener que introducir la armadura directamente en el material del componente de impresión 3D. La resistencia a la flexión del componente reforzado se duplica (de 8-10 N/mm² sin armadura hasta 18-20 N/mm² en el caso de un grosor de la aplicación del hormigón proyectado con fibras de 8-9 mm; grosor del cuerpo base impreso en 3D: aproximadamente 12-14 mm), y la capa pulverizada se deposita de manera homogénea en cada cavidad/marca de la superficie del componente de impresión, sin generar espacios huecos/puntos defectuosos/puntos débiles. Adicionalmente, las propiedades pueden modificarse aún más mediante la selección de las fibras correspondientes (largas, cortas, vidrio, carbono, polímero, basalto, metal, mineral, etc.).

Dependiendo del grosor y de las propiedades de la capa de hormigón con fibras aplicada para la armadura, la armadura puede diseñarse tanto como una así llamada armadura contra colapsos, como también como una armadura con función estática.

- 5 La aplicación de las fibras puede tener lugar en toda la superficie, sobre lados determinados (internos o externos) o sobre todos los lados del componente (internos y externos), o también parcialmente sobre superficies parciales determinadas. Esto permite el refuerzo específico de los componentes o de secciones del componente y, con ello, una utilización que cuida los recursos. Debido a esto es posible aplicar una armadura graduada, es decir, reforzar la armadura de forma específica allí en donde actúan fuerzas más intensas en el componente, o no realizar una armadura en las áreas en donde no actúa ninguna fuerza.
- 10 La aplicación o introducción de las así llamadas armaduras contra colapsos es esencial en la construcción de edificios y en las obras de infraestructura. Esa «capa de seguridad» tiene una función de protección importante funcional e impide una falla total espontánea de un componente, como por ejemplo el derrumbamiento de un puente o la caída de placas de fachadas después de producirse por ejemplo roturas en los componentes. De este modo pueden impedirse de forma segura daños en personas, componentes, infraestructura y mayores daños financieros.
- 15 Además, el procedimiento recientemente desarrollado posibilita la introducción por pulverización de elementos de fijación de la más diversa clase (anclas de tornillos, ojales para tornillos, suspensiones, listones metálicos, etc.) al mismo tiempo que la pulverización del hormigón reforzado con fibras o del mortero en el objeto 3D, y posibilita que se unan con los mismos mediante un enganche negativo, sin tener que tratar mecánicamente el objeto 3D (se evitan perforaciones, fresados, etc.).
- 20 En el área de la construcción de edificios, en el estado de la técnica, se montan placas de los más diversos materiales (vidrio, metal, madera, polímeros, hormigón, etc.) en paredes (paneles, paredes intermedias), pisos (pisos dobles, ...) y techos (absorbedores acústicos, techos para refrigeración/calefacción, techos activados por componentes, ...) con distintas finalidades. Especialmente en cuanto a la relevancia de la seguridad, ante todo en el caso de placas de hormigón (debido al peso específico relativamente elevado) en paredes y techos, es necesario un sistema de anclaje absolutamente seguro y fiable. Para ello, por ejemplo, en los lados posteriores de las placas, en el hormigón/mortero pueden incorporarse o fijarse sistemas de garras especiales («elementos curvos»), rieles de fijación (por ejemplo «rieles de anclaje») o similares.
- 25

30 Mediante la aplicación según la invención del hormigón proyectado de fibras sobre el lado posterior de las placas, en el que están fijados los sistemas de anclaje, se logra un refuerzo del montaje y, con ello, una seguridad adicional contra daños, por ejemplo una rotura del anclaje y, en consecuencia de ello, contra una caída de las placas.

Por último, es conveniente realizar una compresión mecánica adicional de la capa de armadura pulverizada, mediante laminado, alisado, o similares. Gracias a esto se mejoran las propiedades técnicas del componente, como la resistencia a la tracción y la adherencia.

Descripción de las clases de ejecución

- 35 En el procedimiento según la invención, un mortero/hormigón especial, fino, con capacidad de flujo (puede tratarse aquí del mortero base adecuado para impresión 3D, con el que fue fabricado el cuerpo base 3D, o también de un producto de mortero diferente, previsto para ello), se bombea hasta la boquilla, una herramienta especial corta una hebra de fibra continua a alta velocidad, con la ayuda de una cuchilla, a una longitud de la fibra definida, y después los trozos de fibra, mediante la presión del aire, se introducen en el mortero, de manera que mortero en partes finas y fibras, en una mezcla de aire-mortero-fibras, se «proyectan» contra el cuerpo base que debe reforzarse, formando allí una capa densa, unida de forma íntima. Esa capa puede comprimirse adicionalmente, en caso de ser necesario.
- 40

45 De ese modo, el mortero/hormigón mezclado con fibras se aplica a modo de capas sobre la placa de hormigón o sobre el componente 3D. Para ello puede utilizarse cualquier tipo de materiales a modo de fibras, preferentemente fibras de alta potencia, que pueden enrollarse y cortarse (por ejemplo fibras de vidrio, fibras PAN, fibras de carbono, fibras de polímeros, fibras minerales, fibras de metal, fibras de basalto, wollastonita, etc.). La proporción de fibras para el refuerzo puede regularse de forma variable, al igual que la longitud de las fibras. Ejemplo: Adición de 5% masa de fibras (referido a la masa de mortero seca), con una longitud de las fibras de 3 cm.

Cantidades de fibras que se utilizan: 0,2-10%, preferentemente 0,5-7%, de modo especialmente preferente 2-5%.

- 50 El mortero/hormigón con las fibras introducidas se pulveriza sobre el lado posterior de la placa de hormigón, así como sobre la superficie del objeto 3D, donde las fibras llegan a apoyarse distribuidas de forma homogénea, cruzadas y transversalmente en la matriz de mortero, reforzando así el componente de forma compacta.

Mediante la aplicación del hormigón con fibras sobre el componente, por ejemplo, pueden alcanzarse resistencias a la flexión dobles, así como elevadas, del componente, sin una armadura de fibras.

5 Mediante una compresión mecánica adicional opcional de la capa de armadura pulverizada, mediante laminado, alisado, o similares, puede alcanzarse una mejora de las propiedades técnicas (adherencia, resistencias a la tracción, resistencias a la compresión, etc.) en el objeto.

Los ensayos en los que hormigón proyectado con fibras (de vidrio) se aplicó sobre placas de uno y de dos estratos impresas en 3D, en una segunda etapa de trabajo, en el lado inferior, mostraron una clara relación entre el grosor de la capa del hormigón proyectado con fibras y la resistencia a la flexión del componente.

10 En el caso de un grosor de la capa de hormigón con fibras de 5-6 mm, el componente alcanza valores de resistencia a la flexión de aproximadamente 14 MPa, en el caso de un grosor de la capa del hormigón proyectado de 8-9 mm se alcanzan resistencias a la flexión de aproximadamente 18 MPa (el grosor del cuerpo base impreso en 3D sin capa de hormigón proyectado con fibras es de aproximadamente 12-14 mm). La resistencia a la flexión de la muestra de referencia sin hormigón proyectado con fibras se encuentra aproximadamente en 10 MPa.

15 Mediante el soporte de hormigón con fibras de vidrio, en pruebas de carga de rotura, adicionalmente en un factor 2-3 se alcanzan vías de deformación más elevadas hasta alcanzarse la fuerza máxima en el caso de una falla del componente (de 1 mm en el caso de la placa de referencia, a 2-3 mm en las placas con hormigón con fibras de vidrio).

20 Un objeto superior de la aplicación del hormigón con fibras es la fabricación de un material compuesto de alta resistencia a la tracción; la capa de hormigón con fibras puede aplicarse allí de manera específica, donde se presentan o prevén las mayores tensiones en el componente, y con ello, donde predomina el mayor riesgo de roturas. Preferentemente, la capa de armadura debe aplicarse en aquellas áreas que están cargadas por tracción y flexión.

25 Hasta la presente invención, en la impresión 3D de hormigón no se disponía de diseños de armaduras que hagan posible una armadura sencilla, conveniente en cuanto a los costes, eficiente y rápida de componentes 3D. El desarrollo del procedimiento según la invención posibilita un refuerzo, así como una armadura del componente sencilla, específica y conveniente en cuanto a los costes, y como otra gran ventaja ofrece la independencia de la geometría del componente del objeto que debe reforzarse; solamente se debe proporcionar la accesibilidad espacial de la boquilla pulverizadora para una aplicación de mortero con fibras. Con ello, por primera vez es posible sin complicaciones la armadura de objetos impresos en 3D conformados de forma individual.

30 El hormigón con fibras puede aplicarse en muchas variantes:

A) Aplicación automática ya al mismo tiempo durante la impresión 3D del objeto mediante un montaje modular en la boquilla del robot de impresión 3D

35 La aplicación simultánea es posible tanto en el caso de un revestimiento de toda la superficie como también en el caso de un revestimiento parcial de superficies seleccionadas (no todo el objeto), así como en el caso de un revestimiento en distintos grosores de la capa (por ejemplo para desviar cargas de forma específica o para alcanzar una estabilidad especial).

La aplicación, entre otros, puede realizarse paralelamente mediante un segundo robot que esté sincronizado con el robot de impresión.

B) Aplicación automática o manual en una segunda etapa de trabajo

40 a) mediante la modificación de la boquilla de impresión del robot 3D o del sistema de guiado de la boquilla, con una boquilla pulverizadora

b) mediante un segundo robot pulverizador o sistema de guiado de boquillas

c) guiado de boquillas manual

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para fabricar objetos reforzados, a base de hormigón o mortero, impresos en 3D, como por ejemplo objetos en forma de placas, que son planos, curvados de forma simple o curvados de forma doble, donde primero se fabrica un cuerpo base no reforzado, en impresión 3D, caracterizado porque sobre el cuerpo base se pulveriza un hormigón reforzado con fibras o mortero, con una boquilla, en la cual una hebra de fibra continua se corta con la ayuda de una cuchilla, a una longitud de la fibra definida, después de lo cual los trozos de fibra, mediante la presión del aire, se introducen en el hormigón o el mortero, de manera que mortero en partes finas y fibras se proyectan desde la boquilla, en una mezcla de aire-mortero-fibras, y se aplican sobre el cuerpo base impreso en 3D, en forma de un compuesto.
- 10 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque para la hebra de fibra continua se utilizan fibras de vidrio, fibras de carbono, fibras de polímeros, fibras de basalto, fibras de metal o fibras minerales.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque la pulverización del hormigón reforzado con fibras o del mortero tiene lugar en toda la superficie, sobre lados determinados o sobre todos los lados del componente, por ejemplo del lado posterior de placas.
- 15 4. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque la pulverización del hormigón reforzado con fibras o del mortero tiene lugar parcialmente sobre superficies parciales determinadas.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque al menos un elemento de fijación se introduce por pulverización en el objeto al mismo tiempo que la pulverización del hormigón reforzado con fibras o del mortero.
- 20 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque se realiza una compresión mecánica adicional de la capa de armadura pulverizada, mediante laminado, alisado, o similares.