

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 643 443**

51 Int. Cl.:

E04B 1/86

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.10.2014 PCT/EP2014/072987**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.05.2015 WO15063022**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.10.2014 E 14789832 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.07.2017 EP 3063342**

54 Título: **Elemento de hormigón que comprende un absorbente acústico**

30 Prioridad:

31.10.2013 EP 13191001

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

22.11.2017

73 Titular/es:

**CONSTRUCTION RESEARCH & TECHNOLOGY
GMBH (100.0%)**

**Dr.-Albert-Frank-Str. 32
83308 Trostberg, DE**

72 Inventor/es:

**MÖNNIG, SVEN y
TURCINSKAS, SARUNAS**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 643 443 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

Elemento de hormigón que comprende un absorbente acústico

5 La presente invención se refiere a un elemento de hormigón armado comprendiendo un material de absorción acústica dispuesto en parte expuesto sobre una superficie de un elemento de hormigón, al menos en parte de célula abierta, expandido, estando rodeada la armadura en parte por el material expandido. Se divulga además de ello un procedimiento para la producción de un elemento de hormigón de este tipo, así como su uso como techo acústico en un edificio.

10 Las condiciones acústicas en espacios dependen fuertemente de los factores arquitectónicos. En este caso puede influirse en mayor o menor medida en las magnitudes que determinan la impresión acústica de un espacio mediante correspondiente configuración de espacio. Además de la reducción de ruido pura, es un objetivo esencial de la acústica espacial la adaptación de las propiedades acústicas de un espacio a su fin de uso. A diferencia del mundo exterior, los campos acústicos en espacios son difusos, dado que se generan a partir de ruido directo y reflejado. Su regulación puede producirse mediante correspondiente reducción de la potencia del sonido. En este caso se usan absorbentes acústicos técnicos, los cuales permiten procesos de absorción y de reflexión precisos.

15 Los absorbentes técnicos pueden dividirse básicamente en dependencia de su modo de uso en dos grupos, en concreto, en resonadores y absorbentes porosos.

En el caso del modo de actuación de los resonadores se trata muy en general de sistemas de masa-resorte acústicos, los cuales tienen un máximo de absorción acústica desarrollado. Son ejemplos de este tipo de absorbentes acústicos resonadores de placa, resonadores de Helmholtz o absorbentes microperforados.

20 A diferencia de ello, la absorción de la energía acústica en el caso de absorbentes porosos se produce en primer lugar mediante fricción en las paredes de los poros, donde se transforma en energía térmica. Para ello se requiere una estructura de poro abierto con suficiente porosidad. Debido a la absorción acústica producida de forma primaria por disipación, los absorbentes acústicos porosos tienen en comparación con los resonadores un espectro de absorción acústica significativamente diferente. En este caso el grado de absorción acústica dependiente de la frecuencia aumenta en caso ideal de forma constante a frecuencias más altas en forma de s y se aproxima de manera asintótica a un valor máximo. Los absorbentes porosos pueden tener una estructura diferente. En este caso las variantes de material son muy diversas.

30 Los productos de espuma son en general sistemas de dos fases, siendo una fase gaseosa y la otra sólida o líquida. En este caso la fase gaseosa consiste en pequeñas burbujas de gas, las cuales o bien tienen una forma esférica o una forma tetraédrica está limitada mediante nervaduras de célula sólidas o líquidas. Pueden dividirse por lo tanto en dos grandes grupos, las espumas esféricas y las espumas tetraédricas. Las nervaduras de célula están unidas entre sí a través de puntos de nudo y conforman en este caso un esqueleto.

35 Las espumas con propiedades de absorción acústica son habitualmente de célula abierta. En este caso las paredes delgadas entre las nervaduras de delimitación están destruidas y las células unidas entre ellas. Debido a ello, el material actúa como absorbente poroso. La característica material de las nervaduras de las células en espumas de célula abierta es muy variada. Va desde metales, pasando por materiales inorgánicos, hasta los polímeros orgánicos, que en el uso técnico representan a día de hoy de lejos la proporción más grande y que se denominan en general materiales esponjados. Las espumas de polímero orgánico se dividen en dependencia de su dureza en espumas blandas y duras. En su caso la formación de burbujas se produce habitualmente mediante un gas propelente, el cual se genera in situ mediante una reacción química o mediante un compuesto químico, que está disuelto en la matriz orgánica y que a bajas temperaturas entra en ebullición o se descompone en productos gaseosos. Además de ello pueden producirse espumas también mediante mezcla mecánica de gases, mediante polimerización en solución mediante separación de fases o mediante el uso de materiales de relleno, los cuales se separan tras el endurecimiento.

45 Las espumas PUR de célula abierta se describen múltiples veces en la bibliografía. Se producen habitualmente a partir de compuestos con contenido de isocianato y polioles. Para la formación de espuma se usan sobre todo gases propelentes, los cuales son eficaces físicamente debido a su bajo punto de ebullición. También se conocen bien combinaciones de gas propelente precisas a partir de gases propelentes eficaces físicamente y dióxido de carbono, que resulta al espumar mediante reacción química de los grupos de isocianato con agua. En el caso de una reacción de agua e isocianatos resultan por el contrario para la reacción con polioles además de dióxido de carbono grupos ureicos, los cuales contribuyen a la formación del esqueleto celular.

50 El documento DE 390908361 describe un material esponjado de yeso con estructura porosa, así como un procedimiento para su producción, para aislamientos acústicos y térmicos. En este caso se mezcla una suspensión de yeso-agua con un prepolímero MDI sin otros agentes de reacción en presencia de un reticulante y se espuma dando lugar a cuerpos conformados.

Del documento DE 20 2009 001 754 U1 se conocen separadores consistentes en materiales minerales que se adecuan para la integración en una estructura de hormigón. La estructura de hormigón del documento DE 20 2009

001 754 U1 divulga todas las características de la parte introductoria de la reivindicación 1. En este caso se trata de un material esponjado eficaz acústicamente basado en vidrio, el cual puede estar rodeado de un material basado en cemento, no estando rodeada una superficie del material esponjado. Estos separadores se usan como soportes para la armadura, en particular como barras de armadura. El separador se dispone en este caso de tal manera que el material esponjado eficaz acústicamente basado en vidrio queda libre tras verterse el hormigón y el desencofrado y de esta manera puede actuar como absorbente acústico. La estructura de hormigón estructurada de esta manera tiene no obstante la desventaja de que la altura de construcción del absorbente acústico no puede elegirse libremente y está limitada por la armadura. Para lograr una suficiente absorción acústica también para frecuencias bajas, se requieren en el caso de absorbentes porosos capas relativamente gruesas. De esta manera, los separadores han de dimensionarse correspondientemente grandes, lo cual conduce a estructuras de hormigón más gruesas. Además de problemas técnicos de construcción, se usa en este caso claramente más hormigón, debiendo contarse en la práctica normalmente con una absorción acústica no óptima.

Para la armadura de elementos de hormigón se adecua en particular acero de armadura, el cual se usa como acero redondo nervado o perfilado y presenta una alta resistencia a la tracción. Las propiedades requeridas se regulan por ejemplo en la Norma DIN 488 (antes DIN 1045-1) o en la norma europea EN 10080. El acero de armadura se produce en diferentes formas, en Alemania se usan en particular las siguientes configuraciones.

- Acero de refuerzo de hormigón B500B (según DIN 488) (antes "BSt 500 S(B)"), como barra de acero laminada en caliente y nervada con diámetros de 6, 8, 10, 12, 14, 16, 20, 25, 28, 32 y 40 mm y longitudes de entrega de hasta 18 m
- Mallas de acero de hormigón B500A y B500B (según DIN 488) (antes "BSt 500 M(A) y (B)"), en diferentes variantes, como mallas terminadas de soldar a partir de acero en barra nervado y perfilado, así como conformado en frío (clase de ductilidad A) o acero para hormigón laminado en caliente (clase de ductilidad B) con diámetros de 6 mm a 14 mm (14 mm solo en configuración de alta ductilidad, de 6 a 12 mm en configuración de ductilidad normal o de alta ductilidad),
- Soportes de malla como armadura resistente a la flexión en particular en techos y paredes en piezas semieleboradas.

Los aceros para hormigón modernos se caracterizan en lo que se refiere a sus propiedades de deformación por un módulo de elasticidad de 200.000 a 210.000 N/mm² y la distribución en clases de ductilidad. En Alemania existe la clase A de ductilidad normal para los aceros conformados en frío con una proporción entre resistencia a la tracción y límite elástico de al menos 1,05 y una extensión de acero con carga máxima de al menos el 2,5 %, así como la clase B de alta ductilidad para los aceros conformados en caliente con al menos 1,08 o 5 %. Además de ello ha de mencionarse el acero para terremotos de alta ductilidad de clase C con una proporción entre resistencia a la tracción y límite elástico de al menos 1,15 y una extensión de acero con carga máxima de al menos el 8 %, que tiene un límite elástico reducido a 450 N/mm².

Una característica importante del acero para hormigón es su unión con el hormigón que lo rodea. Para la mejora de la unión se introducen o laminan nervaduras. Las nervaduras tienen una altura máxima del 4,5 % y una separación del 60 % del diámetro de la barra. Mediante las nervaduras se logra un dentado local entre el hormigón y el acero, lo cual posibilita una transmisión de fuerza a través de una longitud de unión corta.

Es por tanto tarea de la presente invención la puesta a disposición de un elemento de hormigón armado con al menos un absorbente acústico integrado, pudiendo elegirse libremente dentro de unos límites amplios la altura de construcción del absorbente acústico, de manera que se logra una absorción acústica óptima sin tener que variarse en este caso el grosor del elemento de hormigón.

Esta tarea ha sido solucionada mediante un elemento de hormigón armado comprendiendo un material de absorción acústica en parte expuesto sobre una superficie del elemento de hormigón, consistiendo la superficie, sobre la cual queda libre el material expandido, solo parcialmente en el material expandido, y estando rodeada la armadura parcialmente por el material expandido.

A parte de que la tarea propuesta se solucionó completamente, el elemento de hormigón según la invención tiene la ventaja de que este puede fabricarse de manera sencilla y económica y posibilita un avance de construcción rápido.

En una forma de realización preferente el elemento de hormigón tiene forma de placa y en la dirección de extensión desde la superficie con el material expandido expuesto parcialmente hasta la superficie opuesta no está atravesado completamente por el material expandido. Dependiendo del fin de uso, el elemento de hormigón en forma de placa según la invención tiene en esta dirección de extensión preferentemente un grosor total de 5 a 50 cm, en particular de 12 cm a 25 cm. El material expandido puede tener en este caso en la dirección de extensión desde la superficie con el material expandido expuesto parcialmente hasta la superficie opuesta preferentemente un grosor máximo de 1 cm a 20 cm, en particular 3 cm a 10 cm y de manera particularmente preferente de 4 a 6 cm.

En el caso de la armadura según la invención puede tratarse en particular de acero de armadura. El grosor, la forma y la calidad usados del acero de armadura dependen del correspondiente fin de uso del elemento de hormigón. Son particularmente adecuadas mallas de acero para hormigón soldadas o unidas y vigas de celosía. Preferentemente

se usa acero para armadura que se corresponde con la norma DIN 488.

La armadura está rodeada según la invención parcialmente por el material expandido. Con ello se entiende en este caso, que preferentemente entre un 5 y un 60 por ciento en volumen, en particular preferentemente de un 10 a un 30 por ciento en volumen de la armadura está rodeado por el material expandido.

- 5 En una forma de realización preferente la superficie del elemento de hormigón, en la que el material expandido está expuesto, consiste en de 10 a 40 por ciento en superficie, preferentemente de 15 a 25 por ciento en superficie en el material expandido. En este caso es particularmente preferente que el material expandido esté distribuido con separaciones periódicas en forma de tira sobre la superficie del elemento de hormigón. Puede tratarse en particular de tiras de absorbente, las cuales presentan una anchura de 5 y 10 cm y que se disponen con una separación de 25 a 35 cm. Ha podido verse en este caso que una disposición de este tipo es particularmente preferente, dado que los saltos de admitancia entre materiales que no absorben el sonido y los absorbentes acústicos conducen a una absorción acústica elevada.

- 15 En el caso del elemento de hormigón armado según la invención puede tratarse por ejemplo de una pieza acabada, la cual se usa a continuación para la construcción de un edificio. Puede tratarse en particular de una construcción de techo, de pared o de tejado. De manera particularmente preferente puede tratarse en el caso del elemento de hormigón de un techo acústico, el cual se produce preferentemente en la obra. Es posible además de ello no obstante también usar los elementos de hormigón armado según la invención como elementos de protección acústica en carreteras y vías ferroviarias.

- 20 El material usado como material expandido puede comprender en particular al menos una espuma de la serie espuma de poliuretano, espuma de geopolímero y espuma de resina de melamina. El material expandido presenta preferentemente una densidad de 200 a 400 kg/m³, de manera particularmente preferente de 240 a 350 kg/m³ y en particular de cómo máximo 300 kg/m³. La densidad se refiere en este caso al material expandido seco, entendiéndose con "seco" una humedad residual de menos del 3 % en peso. El material expandido puede consistir en particular en de 20 a 90 % en volumen, en particular de 50 a 60 % en volumen en aire. En una forma de realización preferente el material expandido de absorción acústica expuesto se presenta como material expandido de célula abierta.

Como espumas de poliuretano se adecuan las espumas acústicas conocidas según el estado de la técnica. Ofrece una visión de conjunto en lo que se refiere a espumas PUR de célula abierta G. Oertel, Polyurethane, Becker Braun Kunststoffhandbuch 7, editorial Hanser Verlag München 1983.

- 30 De manera particularmente preferente el material expandido puede comprender una espuma de geopolímero. En una forma de realización particular el material expandido consiste en una espuma de geopolímero.

- 35 Los geopolímeros son materiales tipo cemento se que forman mediante la transformación de al menos dos componentes. En el caso del primer componente se trata de un componente de material sólido reactivo, el cual comprende SiO₂ y Al₂O₃, por ejemplo, ceniza fina o metacaolín. El segundo componente es un activador alcalino, por ejemplo, vidrio soluble de sodio o hidróxido de sodio. En presencia de agua se produce mediante el contacto de los dos componentes un endurecimiento mediante la formación de una reticulación aluminosilícea, amorfa hasta tetracristalina, la cual es resistente al agua.

- 40 El proceso del endurecimiento se produce en soluciones con valores de pH superiores a 12 y se diferencia del proceso de hidratación de reticulantes orgánicos, como por ejemplo, cemento Portland. En este proceso, que se produce sobre todo a través de la "solución", se produce una incorporación de átomos de Al y seguramente también de los átomos de Ca y Mg en la rejilla de silicato original del componente de material sólido reactivo. Las propiedades de los productos fabricados según este método dependen en particular de la concentración del activador alcalino y de las condiciones de humedad.

- 45 Los geopolímeros fueron estudiados ya en la década de 1950 por Glukhovsky. El interés de la industria en estos aglomerantes ha aumentado considerablemente en los últimos años debido a las interesantes propiedades de estos sistemas. Los aglomerantes de aluminosilicato activados alcalinamente permiten resistencias que pueden superar aquellas de cementos Portland estándar. Estos sistemas se endurecen además de ello muy rápidamente y presentan una resistencia química y una resistencia a la temperatura muy altas.

- 50 Ofrece una visión de conjunto en lo que se refiere a las sustancias que se tienen en consideración como aglomerante de aluminosilicato activable de manera alcalina la referencia bibliográfica Alkali-Activated Cements and Concretes, Caijun Shi, Pavel V. Krivenko, Della Roy, (2006), 30-63 y 277-297.

- 55 En otra forma de realización preferente el material expandido comprende, en particular en el caso de la espuma de geopolímero, una resina epoxídica. De esta manera pueden mejorarse las propiedades mecánicas en particular en lo que se refiere a la formación de grietas, a la resistencia a la flexión y la háptica del material expandido. Las espumas de geopolímero según la invención tienen la ventaja esencial de que no son combustibles y además de ello, en comparación con otras espumas, como por ejemplo, espumas de resina de melamina, no pueden liberar formaldehído. La proporción de la resina epoxídica, referida a la espuma de geopolímero seca, puede ser en

particular de 0,5 a 10 % en peso. En lo que se refiere a la no combustibilidad del elemento de hormigón según la invención ha resultado en particular como particularmente preferente una proporción de 1 a 5 % en peso.

En el marco de la presente invención se entiende con el concepto "espuma de geopolímero seca" una espuma con una humedad residual de menos del 3 % en peso.

- 5 Otro objeto de la presente invención es un procedimiento para la producción de un elemento de hormigón según la invención, introduciéndose la armadura y el material expandido de absorción acústica en forma de una masa reactiva fluuyente en un encofrado y endureciéndose al menos parcialmente la masa fluuyente reactiva.

10 La masa fluuyente reactiva puede introducirse aquí ya como espuma en el encofrado o formar una espuma tras la introducción en el encofrado. Es esencial en este caso que antes de añadirse el hormigón la armadura quede rodeada parcialmente por el material expandido.

15 Preferentemente se produce en primer lugar el encofrado con la armadura y en un paso posterior se introduce el material expandido en forma de una masa fluuyente reactiva, de manera que la armadura queda rodeada parcialmente por el material expandido. Pero es posible además de ello también introducir en primer lugar el material expandido en forma de una masa fluuyente reactiva en el encofrado y colocar a continuación la armadura. Tras el endurecimiento al menos parcial de la masa fluuyente reactiva se introduce hormigón en el encofrado y se deja endurecer.

En una forma de realización particularmente preferente la masa fluuyente reactiva comprende un aglomerante de aluminosilicato activado alcalinamente, entendiéndose el concepto aluminosilicato activado alcalinamente en el marco de la presente solicitud como sinónimo al concepto geopolímero.

20 Como ya se ha explicado, el material expandido puede comprender una espuma de geopolímero y en una forma de realización particularmente preferente consistir en una espuma de geopolímero. En este caso la masa fluuyente reactiva puede comprender como componente sólido, el cual comprende Al_2O_3 y SiO_2 , según la invención en particular al menos un silicato de aluminio de la serie de los aluminosilicatos naturales y/o de los aluminosilicatos sintéticos, en particular polvo de escoria granulada, microsíllica, polvo de tras, esquisto bituminoso, metacaolín, ceniza fina, en particular de tipo C y del tipo F, escoria de alto horno, polvo de sílice con contenido de aluminio, puzolana, basalto, arcillas, marga, andesita, tierra infusoria o zeolita, en particular preferentemente polvo de escoria granulada, ceniza fina, microsíllica, escoria, arcilla y metacaolín. La masa fluuyente reactiva según la invención comprende este componente sólido preferentemente en una cantidad de 5 a 70 % en peso, preferentemente de 10 a 50 % en peso y en particular de 15 a 30 % en peso, pudiendo tratarse también de mezclas. Para la reacción de endurecimiento de los geopolímeros es de gran importancia en particular la proporción de átomos de silicio con respecto a los de aluminio. En el sistema según la invención ha resultado ventajosa una proporción de átomos de silicio con respecto a los de aluminio de entre 10 y 1,0 a 1,0, siendo particularmente preferente la proporción entre 6 y 1,5 a 1,0 y en particular de entre 1,8 y 2,2 a 1,0 así como entre 4,7 y 5,3 a 1,0.

35 Como activador alcalino se adecua en particular al menos un compuesto de la serie vidrio soluble de sodio, vidrio soluble de potasio, vidrio soluble de litio, vidrio soluble de amonio, hidróxido de sodio, hidróxido de potasio, carbonato de sodio, carbonato de potasio, sulfato alcalino, metasilicato de sodio, metasilicato de potasio, preferentemente vidrio soluble de potasio, vidrio soluble de sodio y potasa. Puede usarse en particular también solución de metasilicato de potasio con un contenido de sólidos de 40-50 % en peso y una proporción de peso $\text{SiO}_2:\text{K}_2\text{O}$ de 0,6 a 0,8 o una proporción molar de 0,9 a 1,1. De manera también preferente puede usarse potasa con una concentración de 0,1-1 moles/l, es particularmente preferente una concentración de al menos 0,9 moles/l. El activador alcalino está contenido según la invención, en relación con la masa fluuyente reactiva según la invención, preferentemente en una cantidad de 1 a 60 % en peso, preferentemente de 10 a 55 % en peso y en particular de 25 a 50 % en peso, pudiendo tratarse también de mezclas de estos compuestos.

45 En el caso de los materiales de relleno se tienen en consideración entre otros harina de roca, basaltos, arcillas, feldspatos, polvo de mica, polvo de vidrio, polvo de grafito, arena de cuarzo o polvo de cuarzo, polvo de bauxita, hidróxido de aluminio y residuos de la industria de la alúmina, de la bauxita o del corindón, cenizas, escorias, sílice amorfo, ácido silícico pirogénico, microsíllica, piedra caliza, así como materiales de fibras minerales. En este caso son adecuados en particular tamaños de grano de hasta 2 mm. Pueden usarse también materiales de relleno ligeros como perlita, tierra infusoria (tierra de diatomeas), mica expandida (vermiculita), vidrio expandido y arena expandida. Preferentemente se usan materiales de relleno ligeros y en particular vidrio expandido. El vidrio expandido tiene en particular un tamaño de grano medio de 50-300 μm . El material de relleno está contenido según la invención, en relación con la masa fluuyente reactiva según la invención, preferentemente en una cantidad de 5 a 50 % en peso, preferentemente de 10 a 35 % en peso, pudiendo tratarse también de mezclas de estos compuestos.

55 Para continuar mejorando las propiedades mecánicas como la resistencia a la flexión por tracción y la resistencia a la presión, la masa fluuyente reactiva según la invención puede comprender aluminosilicato en forma de microesferas huecas con un tamaño de grano preferente de como máximo 100 μm . La proporción de microesferas huecas en relación con la masa fluuyente reactiva según la invención es de preferentemente no obstante como máximo de 30 % en peso, encontrándose una proporción preferente de las microesferas huecas con respecto al resto de los

aluminosilicatos en 0,8 : 1 a 1 a 0,8.

Es posible además de ello, que la masa fluente reactiva según la invención comprenda fibras, en particular en una proporción de hasta 3 % en peso. De esta manera puede mejorarse la estabilidad mecánica de la espuma. Preferentemente se usan fibras de alcohol polivinílico, fibras de poliacrilonitrilo, fibras de basalto, así como mezclas de ello. Las fibras presentan en particular una longitud de como máximo 120 mm, en particular de como máximo 6 mm.

Para la mejora del efecto repelente de agua de la espuma, ésta puede comprender agentes de hidrofobización. La proporción del agente de hidrofobización puede ser de en particular hasta 3 % en peso con respecto a la masa fluente reactiva según la invención. Preferentemente se usan aceites de silicona o polvos de dispersión dispersables con propiedades hidrofobizantes. Puede usarse en particular un aceite de silicona con una viscosidad de 300 a 1000 mPa*s. Un producto adecuado disponible comercialmente es por ejemplo aceite de silicona AK 500 de Wacker Chemie AG. Además de ello puede usarse por ejemplo polvo de dispersión dispersable del tipo Vinnapas con la denominación 7031 H de la Wacker Chemie AG.

El comportamiento de fraguado y el tiempo de fraguado de la masa fluente reactiva según la invención pueden ser influidos positivamente mediante la adición de cemento de aluminato de calcio. La proporción del cemento de aluminato de calcio en la masa fluente reactiva está preferentemente en al menos 3 % en peso, preferentemente entre 5 y 20 % en peso. El tiempo de fraguado puede controlarse además de ello mediante la adición de $\text{Ca}(\text{OH})_2$. La proporción de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en relación con la masa fluente reactiva según la invención puede ser de 1 a 15 % en peso, en particular de 3 a 10 % en peso.

En una forma de realización particularmente preferente la masa fluente reactiva según la invención comprende un formador de poros de aire y/o un estabilizador de espuma. En este caso puede tratarse preferentemente de un tensioactivo. En el caso del tensioactivo puede tratarse en particular de al menos un alquilglucósido de C8-C10. Una parte del tensioactivo, preferentemente menos del 30 % en peso puede sustituirse por gomorresinas o resina de tall oil saponificadas. En este caso puede usarse por ejemplo Vinapor MTZ/K50 de BASF SE, en cuyo caso se trata de gomorresina y resina de tall oil modificada y saponificadas, secadas por pulverización en forma de polvo. La proporción del tensioactivo referido a la masa fluente reactiva según la invención puede ser en particular de 0,1 a 2,5 % en peso, en particular de 0, a 1,5 % en peso.

Una forma de realización particularmente preferente del procedimiento según la invención prevé que la masa fluente reactiva comprenda un tensioactivo y se expanda mediante la introducción mecánica de aire. La espuma debería presentar preferentemente para la eficacia acústica un contenido de aire del 50-60 % en volumen. En una forma de realización espacial se mezclan los componentes de la masa fluente reactiva según la invención con el tensioactivo, pudiendo usarse por ejemplo, un mezclador de obra comercial. En este caso se produce preferentemente una suspensión con una densidad de 1000-1200 g/litro. Esta suspensión puede expandirse a continuación en un cabezal de mezcla, el cual está estructurado según el principio de trabajo e estátor-rotor, con aire. Un dispositivo adecuado es en este caso por ejemplo el modelo Mügromix+ de la empresa Heitec Auerbach GmbH. La densidad aparente en húmedo de la espuma es de 100 a 800 g/litro, en particular de 150 a 600 g/litro.

En otra forma de realización preferente la masa fluente reactiva comprende al menos un compuesto de epóxido que puede ser emulsionado en agua y/o al menos una emulsión de resina epoxídica que puede emulsionarse por sí misma. Además de las ventajas ya descritas, la resina epoxídica confiere a la espuma de geopolímero una estabilidad mecánica más temprana, de manera que el elemento de hormigón armado según la invención puede sacarse del molde ya tras 6 horas.

Los compuestos epoxídicos pueden comprender una resina y endurecedores o una combinación de resina, endurecedor y diluyente reactivo. En el caso del epóxido se trata preferentemente de una mezcla de bisfenol A/F y en el caso del endurecedor preferentemente de un aducto poliamínico. Como diluyentes reactivos se usan preferentemente éter de poliglicidol de alcoholes alifáticos alcoxilados.

En una forma de realización preferente una resina epoxídica con un diluyente reactivo en proporción de 60:40 a 40:60 partes en peso y se añaden además de ello de manera preferente a esta mezcla de 140 a 160 partes en peso de endurecedor.

Como resina epoxídica puede usarse en particular una emulsión de resina epoxídica de autodispersión, la cual se usa preferentemente en proporción estequiométrica de 0,9 a 1,1 a 1 con un aducto poliamínico. Como emulsiones de resina epoxídica de autodispersión disponibles comercialmente se tienen en consideración por ejemplo, Waterpox 1422, Waterpox 1439, Waterpox 1466 y endurecedores Waterpox 751, Waterpox 760, Waterpox 801. Es preferente el uso de una mezcla de Waterpox 1422 y Waterpox 760. Las emulsiones de resina epoxídica que se han mencionado son productos de BASF SE.

El procedimiento según la invención prevé que la espuma de geopolímero se seque a temperaturas de 20 a 30 °C y una humedad de aire relativa de al menos 65 %. El desencofrado del elemento de hormigón armado en forma de placa según la invención puede producirse tras 24 a 48 horas.

5 Como ventaja adicional del uso de una espuma a base de geopolímeros ha de mencionarse la reacción al fuego ventajosa. También en el caso del uso de aditivos orgánicos, en particular también en presencia de resinas epoxídicas, se lograron muy buenos resultados. No se produce humo ni gotea material durante la exposición al fuego (DIN EN ISO 11925-2). La espuma de geopolímero según la invención presenta en este caso en particular una reacción al fuego según DIN 13501-1 de A2 o A1.

10 Es posible también además de ello proveer el elemento de hormigón armado en forma de placa según la invención de un revestimiento, debiendo tenerse en cuenta que debido a ello no empeoran esencialmente las propiedades de absorción acústica del elemento. Son particularmente adecuados en este caso tejido no tejido de lana, revoque, pintura y textiles con una estructura de poro abierto, acústicamente abierta. Los textiles pueden estar provistos en particular de un motivo de impresión. Otro aspecto de la presente invención es el uso del elemento de hormigón según la invención como techo acústico en un edificio.

En los dibujos muestra

15 La figura 1 una vista de un elemento de techo según la invención con tiras de absorbente dispuestas periódicamente;

La figura 2 una sección transversal esquemática de un elemento de techo según la invención con tiras de absorbente dispuestas periódicamente, estando alineada la armadura en paralelo con respecto a la superficie del elemento de hormigón;

La figura 3 una sección transversal esquemática de un elemento de techo según la invención con las tiras absorbentes dispuestas periódicamente, tratándose en el caso de la armadura de una viga de celosía;

20 La invención se explica a continuación con mayor detalle haciendo referencia a los dibujos que acompañan.

Ejemplos

Producción de la espuma de geopolímero

Tabla 1:

	Nombre comercial (productor)	Masa [gramos]	% en peso
Potasa 1 mol/litro	Emsure (Merck KGaA)	50,04	16,41
Silicato potásico	K45M (Simtek Corporation)	87,50	28,69
Tensioactivo	Glucopon DK225 (BASF SE)	2,20	0,72
Metacaolín	Metamax (BASF SE)	71,10	23,32
Vidrio expandido	Fillite 106 (Omya GmbH)	55,60	18,23
Ceniza fina	Lünnen (STEAG Power Minerals GmbH)	15,50	5,08
Polvo de dispersión	Acronal S430 P (BASF SE)	15,00	4,92
Fibras de PAN	6,7dtex/6mm (Trevira GmbH)	8,00	2,62
Masa total		304,94	100,00

25 La espuma de geopolímero se produce con un dispositivo totalmente automático para espuma para la expansión continua de líquidos y pastas de poca viscosidad, que funciona según el principio estátor-rotor (tipo Mügromix+ de la empresa Heitec Auerbach GmbH).

30 Los componentes listados en la tabla 1 se mezclan a excepción del tensioactivo en un mezclador de obra (mezcladora forzada XM de la empresa Collomix Rühr- und Mischgeräte GmbH). Resulta una suspensión con una densidad de 1000-1200 g/litro. Al final se añade el tensioactivo y se mezcla durante otros 30 segundos. La suspensión se bombea a través de un tubo flexible al dispositivo totalmente automático para espuma. Los parámetros de proceso son los siguientes:

- Número de revoluciones del cabezal de mezcla 300 revoluciones/minuto
- Presión de aire de sistema ~2 bares
- 35 - Flujo de material 120 litros/hora

La espuma producida tiene una densidad de 375 g/litro y presenta un contenido de aire del 55 % en volumen. El contenido de aire se determina en este caso a través de la modificación del volumen con respecto a la suspensión

no expandida en base a la norma DIN EN 1015-6. La espuma presenta una densidad aparente en seco de 274 kg/m³. La densidad aparente de la espuma producida se determina mediante el cociente de su masa y del volumen que ocupa la espuma.

Ejemplo 1

- 5 El elemento de techo según la invención tiene un tamaño de 1 m x 1,5 m x 0,12 m. Una red de armadura B500A (según DIN 488) con un ancho de malla de 100 mm x 100 mm, presentando las barras de acero un diámetro de 6 mm, se monta en primer lugar en un correspondiente encofrado. A continuación, la espuma de geopolímero, que se obtiene como se ha descrito arriba, se pulveriza en forma de tiras sobre la armadura y se seca durante 2 horas a 25 °C y 80 % de humedad de aire y a continuación se hormigona. Para la producción de los elementos de techo se elige una capa superior de hormigón de la clase de resistencia C25/30 con un tamaño de grano máximo de 8 mm. El hormigón fresco presenta una densidad de 2328 kg/m³ y tiene una clase de consistencia de F5.

- 10 En la figura 1 se representa este elemento de techo según la invención. El elemento de techo tiene una anchura de 100 cm (referencia 8) y una longitud de 150 cm (referencia 9). Presenta tiras de absorbente de geopolímero 3. Las tiras de absorbente de espuma de geopolímero están dispuestas con una separación de 25 cm (referencia 10) sobre la superficie. Las tiras de absorbente de espuma de geopolímero tienen una anchura de 5 cm (referencia 6). La superficie continúa formándose mediante tiras de hormigón 1.

- 15 En la figura 2 se representa este elemento de techo según la invención en sección transversal. El elemento de techo tiene una altura de construcción de 12 cm (referencia 7) y presenta tiras de absorbente de espuma de geopolímero 3. Las tiras de absorbente de espuma de geopolímero tienen una anchura de 5 cm (referencia 6) y una altura de construcción de 5 cm (referencia 4) y están dispuestas a una separación de 20 cm (referencia 5). El elemento de techo consiste además en hormigón 1. La armadura 2 es una malla de acero de construcción B500A (según DIN 488) con un ancho de malla de 100 mm x 100 mm, presentando las barras de acero un diámetro de 6 mm. La armadura está rodeada parcialmente por las tiras de absorbente de espuma de geopolímero y alineada en paralelo con respecto al elemento de hormigón.

25 Ejemplo 2

El ejemplo 2 se diferencia del ejemplo 1 debido a que como armadura se usa una viga de celosía.

- 30 En la figura 3 se representa este elemento de techo según la invención en sección trasversal. El elemento de techo tiene una altura de construcción de 12 cm (referencia 7) y presenta tiras de absorbente de espuma de geopolímero 3. Las tiras de absorbente de espuma de geopolímero tienen una anchura de 5 cm (referencia 6) y una altura de construcción de 5 cm (referencia 4) y están dispuestas a una separación de 20 cm (referencia 5). El elemento de techo consiste además en hormigón 1. En el caso de la armadura se trata de una viga de celosía con la denominación viga de celosía Filigran-E de Filigran Trägersysteme GmbH & Co. La viga de celosía consiste en hormigón armado B500A (según DIN 488), presentando las barras de acero un diámetro de 6 mm. La armadura está rodeada parcialmente por las tiras de absorbente de espuma de geopolímero.

35

REIVINDICACIONES

- 5 1. Elemento de hormigón armado que comprende un material expandido (3), al menos parcialmente de célula abierta, de absorción acústica y parcialmente expuesto sobre una superficie del elemento de hormigón, consistiendo la superficie sobre la cual queda expuesto el material expandido solo parcialmente en el material expandido, **caracterizado porque** la armadura (2) está rodeada parcialmente por el material expandido (3).
2. Elemento de hormigón según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el elemento de hormigón tiene forma de placa y en la dirección de extensión desde la superficie con el material expandido expuesto parcialmente hasta la superficie opuesta no está atravesado completamente por el material expandido.
- 10 3. Elemento de hormigón según las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado porque** la superficie sobre la cual está expuesto el material expandido, consiste en de un 10 a un 40 por ciento en superficie del material expandido.
4. Elemento de hormigón según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** el material expandido está distribuido a intervalos periódicos (10) en forma de tiras sobre la superficie.
5. Elemento de hormigón según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** el material expandido comprende una espuma de geopolímero.
- 15 6. Elemento de hormigón según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** el material expandido presenta una densidad de 200 a 400 kg/m³.
7. Elemento de hormigón según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** el material expandido comprende una resina epoxídica.
- 20 8. Elemento de hormigón según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** el material expandido consiste en del 20 al 90 por ciento en volumen en aire.
9. Elemento de hormigón según una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado porque** se trata de una construcción de techo, de pared o de tejado.
- 25 10. Procedimiento para la fabricación de un elemento de hormigón según una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado porque** la armadura (2) y el material expandido (3) de absorción acústica se introducen en un encofrado en forma de una masa fluyente reactiva y la masa fluyente reactiva se endurece al menos parcialmente.
11. Procedimiento para la fabricación de un elemento de hormigón según la reivindicación 10, **caracterizado porque** la masa fluyente reactiva comprende un aglomerante de aluminosilicato activado alcalinamente.
- 30 12. Procedimiento para la fabricación de un elemento de hormigón según las reivindicaciones 10 u 11, **caracterizado porque** la masa fluyente reactiva comprende un tensioactivo y se expande mediante introducción mecánica de aire.
13. Procedimiento para la fabricación de un elemento de hormigón según una de las reivindicaciones 10 a 12, **caracterizado porque** la masa fluyente reactiva comprende al menos un compuesto epóxido emulsionable en agua y/o al menos una emulsión de resina epoxídica autoemulsionante.
- 35 14. Procedimiento para la fabricación de un elemento de hormigón según una de las reivindicaciones 10 a 13, **caracterizado porque** la masa fluyente reactiva comprende fibras.
15. Uso de un elemento de hormigón según una de las reivindicaciones 1 a 9 como techo acústico en un edificio.

Figura 1

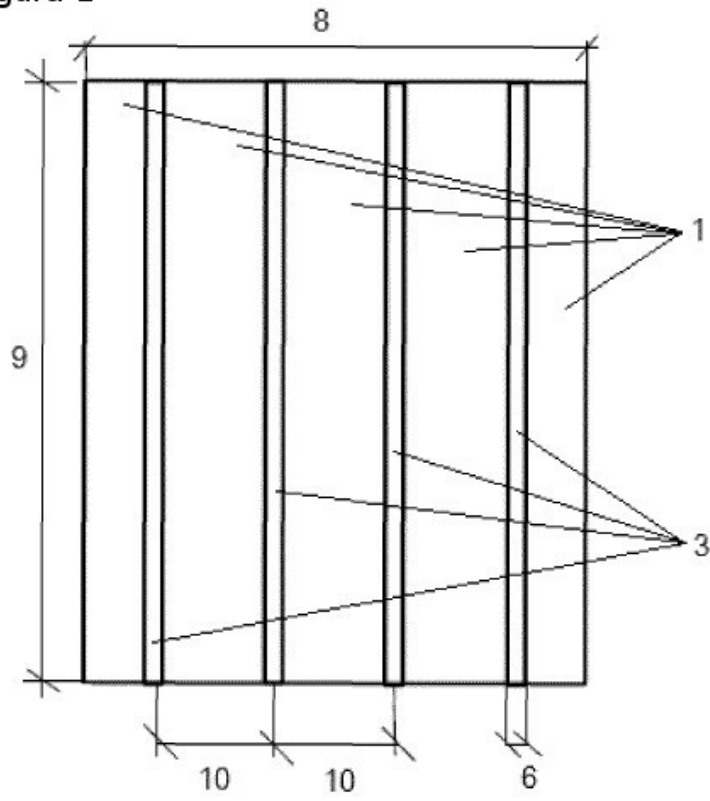


Figura 2

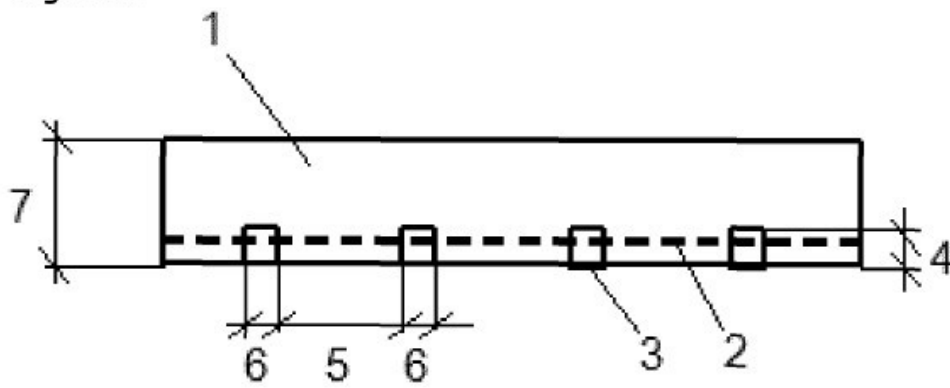


Figura 3

