

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 683 954**

51 Int. Cl.:

C04B 28/26 (2006.01)

B28B 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.06.2012 PCT/DE2012/000646**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.12.2012 WO12175072**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.06.2012 E 12745393 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.05.2018 EP 2723697**

54 Título: **Método para la construcción por capas de modelos**

30 Prioridad:

22.06.2011 DE 102011105688

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

28.09.2018

73 Titular/es:

**VOXELJET AG (50.0%)
Paul-Lenz-Strasse 1
86316 Friedberg, DE y
HÜTTENES-ALBERTUS CHEMISCHE WERKE
GMBH (50.0%)**

72 Inventor/es:

**GNÜCHTEL, INGO;
GÜNTHER, DANIEL;
EDERER, INGO;
LUSTIG, CHRISTIAN y
MÜLLER, EDGAR**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 683 954 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 para la construcción por capas de modelos

- 5 La invención se refiere a un método para la construcción por capas de modelos de acuerdo con la cláusula precharacterizante de la reivindicación 1. Métodos generativos para la producción de estructuras en 3D son conocidos desde hace tiempo (por ejemplo de los documentos EP 0 431 924 B1, WO 20068375 A2, WO 98/09798 A1 o US 4022704 A). A ellos pertenecen, entre otros, métodos de estereolitografía (solidificación de líquidos monoméricos con un rayo rico en energía), sinterización por láser selectiva (fundición de material en partículas con un rayo rico en energía) y el método de impresión en 3D. Todos los métodos mencionados permiten la producción relativamente rentable de formas para la construcción de prototipos. El método de impresión en 3D permite, además, cuando se emplean dispositivos de impresión con varias boquillas controlables, velocidades de construcción superiores a todos los otros métodos. Con ello, la aplicación no está limitada solo al sector de prototipos. Se pueden generar incluso de manera rentable piezas componentes en serie.
- 10
- 15 Del estado de la técnica pueden deducirse métodos básicamente distintos: sistemas que trabajan por completo en base a líquidos y sistemas que utilizan materiales en polvo que son solidificados selectivamente mediante la incorporación de líquidos o la incorporación de energía.
- 20 Los sistemas mencionados en primer lugar, basados puramente en líquidos, se conocen, por ejemplo, del documento US 6.259.962 de la razón social Objet Geometries Ltd. Este método se basa en que en el caso de la solidificación se generan dos materiales diferentes. El modelo generado por capas puede ser liberado entonces después del proceso de impresión del material de soporte mediante un proceso de disolución - por ejemplo un baño de agua.
- 25 La solidificación de los materiales proporcionados en estado líquido al principio para la impresión puede tener lugar, por ejemplo, a través de radiación UV. Además, pueden emplearse sistemas de dos o de múltiples componentes que son reunidos sobre la plataforma de construcción y se solidifican. Dado que el volumen constructivo completo debe generarse a través de impresoras de chorro de tinta, este método es relativamente lento y, por lo tanto, solamente adecuado para piezas componentes pequeñas.
- 30 Una alternativa esencialmente más rentable, en particular en relación con la intensidad de tiempo, lo forman los métodos para la constitución por capas de modelos que utilizan material en partículas. En el caso de estos métodos se une selectivamente un material en forma de polvo. El material en partículas se aplica, por ejemplo, con un dispositivo de revestimiento en capas delgadas sobre una plataforma de la pieza de trabajo y se alisa. Un cabezal de impresión consolida, con ayuda de datos de piezas componentes depositados en el ordenador, zonas selectivas sobre la capa de polvo. Este proceso se repite siempre hasta que se haya solidificado la pieza constructiva y pueda ser retirada del material en partículas no solidificado.
- 35 Una ventaja en este caso es que una parte del material de la pieza componente se proporciona ya mediante el volumen del material en partículas. La cantidad que debe dosificarse en forma líquida mediante una impresora es, por lo tanto, relativamente pequeña. Así, este método permite velocidades del cabezal de impresión elevadas, pequeños tiempos de recubrimiento y una estructura del cabezal de impresión – relativamente – sencilla.
- 40 La solidificación del material en partículas tiene lugar aquí mediante un pegado de las distintas partículas entre sí.
- 45 Sistemas aglutinantes inorgánicos se utilizan en el sector de la fundición de metales ya desde mitad del pasado siglo, con el fin de crear moldes de arena.
- 50 Así, en este caso, por ejemplo se han de mencionar los denominados aglutinantes hidráulicos, es decir, aglutinantes que endurecen tanto al aire como también bajo el agua.
- 55 A ellos pertenecen, por ejemplo, materiales de moldeo ligados por yeso. Para la preparación de moldes se utiliza, por ejemplo, material en partículas con contenido en yeso. El yeso contenido en el material en partículas es activado con una solución acuosa y endurece, por ejemplo, de forma selectiva. El molde debe ser secado después de la impresión.
- 60 Después de la fabricación, el yeso contiene mucho agua libre que puede conducir a problemas durante la fundición, dado que se puede evaporar de modo brusco en caso de calentamiento.
- 65 Además, se ha demostrado que la resistencia mecánica del yeso no es particularmente elevada y la estabilidad a la temperatura del yeso permite para los moldes resultantes a partir de ello solo una fundición de metal ligero. Además, se ha demostrado que el yeso en estado endurecido es muy denso y solo es permeable con dificultad para los gases que pueden formarse durante la colada, por lo cual los gases pueden penetrar en la masa fundida de colada.

Junto a ello, se conocen también materiales de moldeo ligados por cemento, en este caso se ha de remitir a modo de ejemplo al documento DE 10 2004 014 806 B4, al documento EP 1 510 310 A2.

5 En este caso, el cemento se encuentra en la arena para el molde de colada y el cemento es activado a través de una tinta acuosa.

10 Como inconveniente se ha manifestado en este caso que los cementos, en el caso de la regulación de la temperatura, desarrollan por norma general resistencias mecánicas elevadas que continúan conservando también después del enfriamiento. Esto significa que la pieza colada después de la fundición solo puede ser liberada con dificultad del material del molde.

Además de ello, también aquí el agua en exceso puede conducir de nuevo a problemas durante la fundición. Por lo tanto, el molde debe ser secado antes de la fundición.

15 Además, también puede ser que la granulometría de cementos reactivos constituya un problema en el caso de dispositivos de generación por capas habituales en la impresión en 3D. Los cementos son a menudo difíciles de fluir y tienden a formar aglomerados. El resultado son malas superficies y defectos en la pieza componente. Además, mediante el grano fino se forman polvos desagradables. El polvo no ligado en el recipiente de construcción es fuertemente alcalino y, con ello, irritante para la piel.

20 Junto a los aglutinantes hidráulicos, se conocen también los denominados formadores de cristales para el empleo para materiales de molde.

25 A ellos pertenecen, por ejemplo, materiales de moldeo ligados por sales, pudiendo ser mezcladas o revestidas arenas con sales y siendo impreso el material en partículas con un disolvente - por norma general, una solución acuosa - . La sal se desprende en este caso y forma puentes entre las partículas. Si a continuación se seca el molde, el agua se evapora y la unión se vuelve firme.

30 Materiales de moldeo unidos por sales tienen la ventaja de que después de la fundición pueden ser separados en "húmedo", sumergiendo las piezas de fundición en un baño de agua. La sal se disuelve, la sal pierde la unión y puede ser eliminada por lavado.

35 Sin embargo, en la sal están ligados después del secado componentes del agua que durante el vaciado del molde pueden ser liberados, lo cual puede conducir de nuevo a los problemas de gas arriba mencionados.

Además, el mantenimiento de la forma de los granos es relativamente bajo, dado que la sal tiende a la absorción de humedad también del aire y, con ello, se reblandece.

40 El secado después de la impresión se ha controlar con precisión, dado que un secado demasiado intenso conduce de nuevo a la pérdida de unión. Un secado demasiado escaso conduce de nuevo a problemas de fundición durante el vaciado.

Las sales en la arena son a menudo agresivas frente a metales, de modo que se han de pasivar de manera correspondiente materiales que entran en contacto con la arena.

45 El empleo de materiales de moldeo ligados con cemento, yeso y sales no tiene, en la colada en serie, en particular, en la fundición de automóviles, un significado esencial.

50 Además de ello, es también generalmente conocido utilizar vidrio soluble como aglutinante para la producción de moldes de colada. Del documento EP 2 163 328 A1 se conoce, por ejemplo, un método para la producción de una pieza moldeada de un molde de fundición para la fundición de masas fundidas de metales, que comprende la provisión de una arena para machos o de moldeo que comprende un material base de moldeo revestido con vidrio soluble y un contenido en agua en el intervalo de \geq aproximadamente 0,25% en peso hasta aproximadamente 0,9% en peso, referido al peso total de la arena para machos y de moldeo, la introducción de la arena para machos o de moldeo en una cavidad que forma la pieza de moldeo y la puesta en contacto de la arena para machos o de moldeo con al menos un agente de endurecimiento, durante y/o después de la introducción y/o solidificación de la pieza moldeada.

60 El empleo de vidrio soluble en la industria de la fundición es generalmente conocido. Aglutinantes de vidrio soluble se emplean para la producción de moldes y machos en la fundición en serie. En este caso, el endurecimiento puede tener lugar en un útil frío a través de la reacción con dióxido de carbono gaseoso (gas CO₂) o la reacción con un éster. Adicionalmente, en los últimos años se ha establecido el endurecimiento de mezclas de materiales de moldeo ligadas con vidrio soluble mediante útiles calientes, análogamente al proceso de la caja caliente orgánico, y el endurecimiento combinado mediante útiles caldeados y la gasificación con aire la mayoría de las veces calentado.

65

Machos de arena producidos de esta manera se emplean predominantemente en la fundición en coquilla de aluminio. Esto se explica, por ejemplo, en el documento EP 2 163 328 A1.

5 La fabricación del macho mediante vidrio soluble y ésteres, o bien gas CO₂, puede ser considerada como inodora y, con ello, no contaminante.

10 Los inconvenientes en el caso de estos métodos con aglutinantes de vidrio soluble son, en particular, que después del vaciado se descomponen malamente y que la arena residual solo puede ser regenerada con dificultad en comparación con arenas ligadas orgánicamente.

15 Por lo tanto, es misión de la invención proporcionar un método para la construcción por capas de modelos que no presente los inconvenientes de métodos conocidos o que al menos reduzca o supere por completo los inconvenientes del estado de la técnica, por ejemplo, sea tolerable para el medio ambiente y se pueda emplear de manera rentable para procesos de impresión tridimensionales.

20 El problema se resuelve mediante las formas de realización descritas con mayor detalle en las reivindicaciones. La invención se refiere a un método para la construcción por capas de modelos, en el que en una zona de construcción se aplica por capas un material en forma de partículas y se endurece selectivamente, y estos pasos se repiten hasta que se obtenga un modelo deseado.

25 El material comprende en este caso un material de construcción en forma de partículas que presenta una solución de silicato alcalino secada por pulverización. Una activación selectiva del endurecimiento tiene lugar en este caso mediante una solución que comprende agua y un proceso de secado.

30 Por una zona de construcción se ha de entender en este caso, de forma muy general, una zona en la que tiene lugar una construcción de un modelo. Podría ser una plataforma de construcción o también un contenedor de construcción. Sin embargo, también podría ser cualquier otra zona. Esto depende particularmente también del proceso de construcción empleado o del dispositivo empleado. Así, serían imaginables también cintas transportadoras o también simplemente solo el suelo.

35 La aplicación del material y el endurecimiento selectivo del material de construcción puede tener lugar de manera que primeramente se aplica mediante un dispositivo de recubrimiento por capas el material en forma de partículas y, a continuación, se lleva a cabo un endurecimiento de forma selectiva o se llevan a cabo partes del endurecimiento selectivo o también pueden tener lugar al mismo tiempo algunas o todas las etapas del método.

40 El material comprende de acuerdo con la invención un material de construcción en forma de partículas. Un material de construcción en forma de partículas de este tipo podría comprender en este caso cada uno de los materiales o mezclas de los mismos conocidos del estado de la técnica para la fabricación de modelos y, en particular, de machos.

45 Como material de construcción, también denominado material base de moldeo, se adecuan materiales refractarios típicos tales como, por ejemplo, arenas de cuarzo, kerfalita, arena de olivina y arenas de menas de cromo. Junto a ello, se adecuan también materiales de moldeo conformados de manera artificial tales como perlas de cera y arena de bauxita (arena Min). Son también imaginables mezclas de diferentes materiales de moldeo.

50 Los materiales de construcción no deberían ser en este caso ácidos. Además, se pretende una granulometría que presente su grano medio en aproximadamente la mitad del grosor de capa deseado. Esto significa que, por ejemplo, en el caso de grosores de capa de aprox. 300 µm, la mediana del diámetro de las partículas debería medir aproximadamente 150 µm.

55 Grososres de capa típicos oscilan entre 0,1 mm y 0,5 mm.

Además, de acuerdo con la presente invención, el material presenta una solución de silicato alcalino secada por pulverización. Una activación selectiva del endurecimiento tiene lugar mediante una solución que comprende agua. Además, se lleva a cabo también un proceso de secado.

60 Soluciones de silicatos alcalinos, denominadas a menudo también vidrio soluble, son conocidas por el experto en la materia y designan silicatos de potasio y silicatos de sodio solidificados a partir de la masa fundida, vítreos e hidrosolubles (sales de ácido silícico) con una relación molar de SiO₂/óxido de metal alcalino de 1,5:1 a 4:1 en soluciones acuosas.

65 Silicatos de metales alcalinos o bien vidrio soluble se preparan mediante la fundición conjunta de arena de cuarzo con carbonato de sodio o carbonato de potasio a 1400 hasta 1500 ° C, liberándose dióxido de carbono. La masa fundida consolidada se comercializa en estado molido o se transforma inmediatamente en una solución de concentración deseada. El silicato de sodio se prepara habitualmente mediante la fundición conjunta de dióxido de

silicio y carbonato de sodio en la correspondiente relación molar en forma de un producto que solidifica de modo vítreo, que cristaliza durante el atemperado por debajo del punto de fusión.

5 El vidrio soluble, así como silicato de sodio se puede preparar también mediante disolución directa de arena en solución de hidróxido de sodio a presión elevada y a temperaturas de hasta aprox. 150 ° C.

La solución de silicato alcalino puede presentar, además de ello, también otras sustancias. Así, podría estar provista, por ejemplo, de un tensioactivo u otros coadyuvantes.

10 De acuerdo con la presente invención se emplea una solución de silicato alcalino secada por pulverización y también además secada por pulverización. Una solución de este tipo presenta preferiblemente una pérdida por calcinación de 10 – 25% en peso. El secado por pulverización o también secado por atomización es un método para la producción de polvos a partir de líquidos en el que los líquidos pulverizados son secados con un gas caliente.

15 El endurecimiento selectivo de acuerdo con la presente invención tiene lugar mediante una solución que comprende agua. En el presente caso, esto está previsto, por ejemplo, de modo que se aplica un material en partículas que presenta un vidrio soluble seco por pulverización o bien una solución de silicato alcalino seca por pulverización, tal como se conoce, por ejemplo, del método de prototipado rápido conocido del estado de la técnica, y luego se aplica, por ejemplo mediante un cabezal de impresión, una solución con contenido en agua. El agua activa en este caso un
20 endurecimiento de la solución de silicato alcalino, con lo cual, después de la extracción del agua, por ejemplo mediante secado, tiene lugar una unión del material en partículas.

La adición de agua conduce en este caso a una disolución del aglutinante de polvo. De acuerdo con la presente invención, se utiliza un aglutinante secado por pulverización. Éste presenta la ventaja de que se disuelve más
25 rápidamente que un aglutinante secado en condiciones normales. El aglutinante líquido generado de forma selectiva en la mezcla de arena de molde mediante el disolvente basado en agua conduce a una adherencia entre las partículas del material de construcción. El disolvente basado en agua o bien que presenta agua sirve para disolver el silicato de metal alcalino empleado y coopera en la formación de puentes de aglutinante entre los distintos granos de partículas (adhesión).

30 Con el fin de activar el aglutinante sólido, éste debe disolverse y, para ello, se requiere un disolvente que presente agua. Lo que se adecua mejor es en este caso agua pura. Sin embargo, el agua solo se puede dosificar con dificultad, sin embargo, con generadores de gotas individuales empleados preferiblemente para la incorporación selectiva del disolvente. Esto se encuentra en una viscosidad relativamente baja de alrededor de 1 mPas, que
35 conduce a una amortiguación deficiente de la columna de líquido en la boquilla. Además, la tensión superficial del agua es relativamente elevada, de modo que es necesaria mucha energía con el fin de generar gotas individuales. Sin olvidar que el agua tiende a la absorción de gases, por ejemplo el aire. En el caso de las depresiones que se presentan en los generadores de gotas, el gas disuelto se volatiliza y absorbe entonces los golpes de presión que deberían servir para la generación de gotas. De manera correspondiente, es necesario modificar el agua para el uso
40 en los generadores de gotas.

Para ello, podría servir, por ejemplo, una mezcla de aditivos reológicos, espesantes tales como glicerol, glicol o silicatos estratificados. En particular, estos últimos se manifiestan ventajosos, ya que se trata de un sistema de
45 materiales puramente inorgánico que se comporta de forma neutra durante el vaciado, es decir, no conduce a la pirolisis.

Como cantidad ventajosa del silicato estratificado en el agua se han manifestado 2 a 20% en peso y, todavía mejor una cantidad de 8 a 12% en peso.

50 A la solución que presenta agua para la activación selectiva del endurecimiento pueden añadirse por mezcladura entonces otros aditivos tales como, por ejemplo, un colorante para el reconocimiento del molde, un biocida y agentes para la modificación de la tensión superficial.

Para el endurecimiento del material impreso selectivamente se requiere además un proceso de secado. Qué tipo de
55 proceso de secado es adecuado depende de muchos factores tales como del material utilizado, del tamaño de la pieza componente, de las condiciones del entorno, etc.

La pieza componente acabada podría ser secada, por ejemplo, después de la construcción solo a la temperatura ambiente. Cuando esto es demasiado lento, entonces también un proceso de secado físico puede acelerarse
60 mediante la retirada de agua a temperatura ambiente y/o también el aumento de la temperatura puede acelerar el proceso de endurecimiento.

Todo esto puede tener lugar durante y/o después del proceso de construcción.

La ventaja del método de acuerdo con la invención descrito es que el material no impreso puede ser utilizado de nuevo.

5 El dispositivo para la aplicación selectiva del endurecedor no tiene que ser limpiado de forma permanente, dado que no tiene lugar pegamiento alguno, dado que no se utilizan materiales auto-endurecedores o endurecedores al aire.

La mezcla de materiales seca se ha de extraer con métodos conocidos simplemente en capas delgadas y puede alcanzarse un nivel de solidificación elevado.

10 El material en partículas puede comprender arena de acuerdo con una forma de realización preferida de la presente invención. Si ahora, conforme a una variante preferida, se utiliza arena en el material en partículas como material de construcción, entonces se pueden producir ventajosamente machos de fundición a partir de arena.

15 Junto a ello, sin embargo, también podría ser ventajoso que el material comprendiera un endurecedor inorgánico, en particular un endurecedor inorgánico latente. La expresión endurecedor inorgánico latente describe en este caso una sustancia que en condiciones normales, es decir, a la temperatura ambiente y a la presión normal reacciona muy lentamente con el aglutinante, pero que en el caso de un aumento de la temperatura conduce a un rápido endurecimiento. Un endurecedor latente de este tipo podría ser, de acuerdo con una forma de realización particularmente preferida de la presente invención, por ejemplo, dióxido de silicio amorfo.

20 Si el proceso de secado en el caso de un método de la presente invención es inducido, por ejemplo, térmicamente, entonces se produce una reacción de álcali-sílice entre el aglutinante de silicato alcalino y el dióxido de silicio amorfo como endurecedor latente.

25 Si se añade un endurecedor latente tal como dióxido de silicio amorfo, la reacción de endurecimiento puede configurarse de manera reforzada y adicionalmente irreversible. En este caso, el endurecimiento tiene lugar de forma más rápida y conduce a un mayor nivel de resistencia cuando a la mezcla se aporta calor.

30 De acuerdo con una forma de realización preferida de la presente invención, el material presenta un aglutinante adicional. Este podría ser, por ejemplo, un aglutinante de endurecimiento hidráulico, es decir, un aglutinante que requiere agua para la unión.

35 Aglutinantes de endurecimiento hidráulico de este tipo son, por ejemplo, cemento Portland, cemento de tierra de arcilla y/o un aglutinante de óxido de aluminio hidráulico.

40 Cuando se incorpora selectivamente agua en el material, puede ser que el agua penetre en el material más profundamente de lo deseado y, así, conduzca a imprecisiones del modelo a construir. Para limitar la penetración, al material se le puede añadir por mezcladura un aglutinante hidráulico, preferiblemente un material de cemento. Polvos de cemento empleados preferiblemente de este tipo son muy finos y presentan tamaños de partículas preferiblemente inferiores a 30 μm . Esto conduce a una gran superficie y, por lo tanto, también a una rápida y elevada absorción de agua. El agua en exceso es absorbida de esta forma por estas partículas y ya no conduce a la pérdida de la forma. El agua en exceso, que no se utiliza para la disolución del aglutinante, se incorpora en el aglutinante hidráulico, el cemento. Con ello, el cemento coopera en el aumento de la resistencia mecánica y posibilita actuar de manera preestablecida sobre la curva de solidificación.

45 De acuerdo con la presente invención, las partículas de vidrio soluble deberían ser en este caso, con el fin de garantizar una elevada solubilidad, lo más pequeñas posibles. Diámetros habituales de las partículas para ello son menores que 150 μm y aún más ventajosamente menores que 100 μm .

50 Representantes típicos de polvo de vidrio soluble secado por pulverización en forma de polvo son, por ejemplo, Sikalon A de la razón social Woellener o Portil A de la razón social Cognis. Se preparan mediante secado por pulverización de soluciones acuosas de silicato alcalino (soluciones de silicato de sodio o potasio). Para la descripción del proceso puede remitirse en este caso también a Ullmanns Enzyklopädie der technischen Chemie 1982, 4ª edición, tomo 21, página 412.

55 Como otra variante sería también posible que el material de construcción en forma de partículas o bien el material base de moldeo sea envuelto con la solución de silicato alcalino secada por pulverización o sea aplicada sobre el mismo la solución de silicato alcalino. Un método de este tipo lo representa el denominado revestimiento, en el que el material base de moldeo revestido se puede proporcionar, por ejemplo, mediante secado por pulverización de una mezcla acuosa del material base de moldeo y del aglutinante de silicato alcalino. El material base de moldeo revestido se expulsa entonces por capas y se imprime a una solución acuosa.

60 Preferiblemente, el caso de un método o bien un sistema material de acuerdo con la invención, el vidrio soluble debería presentar una relación molar $\text{M}_2\text{O}:\text{SiO}_2$ de 1,6 a 3,8, en particular de 1,9 a 3,4 (M = metal alcalino, sodio y/o potasio).

65

Habitualmente, un aglutinante de silicato de metal alcalino secado por pulverización o bien una solución de silicato alcalino tiene una pérdida por calcinación de 10 – 40% en peso, preferiblemente de 15 – 25% en peso.

5 De acuerdo con una forma de realización particularmente preferida de la presente invención, el endurecedor latente procede del grupo de los materiales de los ácidos silícicos que pueden pasar a formar una reacción de álcali-ácido silícico, estos son la mayoría de las veces ácidos silícicos sintéticos. De manera particularmente preferida, pasan en este caso a emplearse ácidos silícicos térmicos o pirógenos que, por ejemplo, resultan como producto secundario en la preparación de silicio bruto o ferro-silicio, microsílíce, humo de sílice o humo de sílice condensado.

10 Ventajosamente, el endurecedor latente se elige del grupo de los ácidos silícicos sintéticos, en particular ácidos silícicos térmicos y/o pirógenos. La expresión ácido silícico sintético se refiere en este caso a ácidos silícicos producidos de forma sintética tales como ácidos silícicos producidos de forma térmica mediante pirolisis a la llama en el horno eléctrico de fundición o en el plasma, así como ácidos silícicos de precipitación.

15 Por "síntesis" se ha de entender la preparación natural o sintética, eventualmente multi-etapa y, ante todo, preestablecida, de compuestos químicos a partir de los elementos mediante constitución a partir de compuestos sencillos o mediante degradación de estructuras más complejas.

20 Una reacción de acuerdo con la presente invención podría discurrir, por ejemplo, de la siguiente forma. Aglutinante secado por pulverización es activado mediante la adición de agua, reacciona entonces con un endurecedor latente preferiblemente añadido, por ejemplo dióxido de silicio amorfo. La reacción de endurecimiento que tiene lugar en este caso, una reacción de álcali-ácido silícico, es acelerada mediante la aportación de energía, en particular calor y conduce entonces a un endurecimiento más rápido del modelo resultante y a una mayor resistencia del modelo que sin la adición de endurecedor latente.

También la estabilidad al almacenamiento de los machos a una humedad del aire elevada, al igual que la estabilidad térmica, por ejemplo, la deformación de machos en el proceso de colada aumenta claramente en comparación con machos producidos solo mediante aglutinante de silicato de metal alcalino como aglutinante.

30 De acuerdo con una forma de realización particularmente preferida de la presente invención, la porción de silicato de metal alcalino, es decir, la proporción de aglutinante añadida al material, en particular material en partículas tal como, por ejemplo, arena, que se presenta en forma sólida antes de la disolución con la solución de impresión, asciende a 2-18%, preferiblemente a 3-10% en peso.

35 Ventajosamente, la proporción del endurecedor latente con relación al aglutinante presente en forma sólida asciende a 5-90% en peso.

40 Si el material, según una forma de realización preferida, presenta además materiales refractarios y/o cargas, entonces se pueden optimizar las propiedades del modelo creado al igual que las del macho de fundición.

45 Materiales refractarios y/o cargas de este tipo se emplean, por ejemplo, también como revestimientos de materiales de moldeo, por ejemplo grafito, óxido de aluminio, silicato de zirconio, con el fin de aumentar la calidad de la fundición. Otros aditivos a la arena pueden ser aglutinantes solubles en agua, fosfatos o hidratos de carbono tales como, por ejemplo dextrina.

50 De acuerdo con una forma de realización preferida de la presente invención, el material comprende una mezcla a base de aglutinante de silicato de metal alcalino secado por pulverización, arena, dióxido de silicio amorfo en una relación en peso de 1,5-15 : 80-98 : 0,2-8.

Ventajosamente, la solución para la activación del endurecimiento selectivo contiene un silicato estratificado, preferiblemente en 5-15 por ciento en masa.

55 Preferiblemente, la solución para la activación del endurecimiento selectivo se aplica con un cabezal de impresión de chorro de tinta, preferiblemente con la tecnología piezoeléctrica.

Con el fin de que se acelere el endurecimiento en el proceso, podría estar también previsto ventajosamente el aporte de calor.

60 Esto puede tener lugar, por ejemplo, mediante convección y/o radiación térmica.

Los cuerpos sólidos producidos de esta manera presentan preferiblemente una resistencia a la flexión en tres puntos de aproximadamente mayor que o igual a 200 N/cm².

65 La invención se explica seguidamente con ayuda de formas de realización preferidas en los siguientes ejemplos.

Ejemplo:

Un sistema de materiales para uso para un proceso de impresión en tres dimensiones se proporciona, por ejemplo, de la siguiente manera.

5 Se mezcla intensamente 90% en peso de arena de cuarzo del tipo GS 14 RP con un diámetro medio de grano de 0,13 mm de la razón social Grube Strobel con 6% en peso de polvo de vidrio soluble (por ejemplo, módulo molar 2,10, Portil A de la razón social Cognis), 2% en peso de un dióxido de silicio sintético del horno de arco (Microsilica 971 U de la razón social Elkem) como endurecedor latente, así como 2% en peso de cemento de tierra de arcilla (CA 14 S de la razón social Almatís) como aglutinante hidráulico, de modo que la mezcla es totalmente homogénea.

10 Esta mezcla de material de moldeo seco se aplica por capas sobre una zona de construcción. A continuación de ello, se imprime selectivamente agua con un cabezal de impresión utilizado habitualmente para procesos de impresión en tres dimensiones mediante una tecnología de chorro de tinta conocida, con el fin de que el aglutinante de vidrio soluble sea activado. En las zonas impresas, el aglutinante se desprende y pega a las partículas circundantes.

15 La impresión selectiva tiene lugar en este caso preferiblemente de acuerdo con los datos del ordenador, con el fin de crear un modelo deseado.

20 El o partes del material en partículas pueden calentarse en este caso antes de la impresión selectiva. Así, el proceso de secado puede tener lugar más rápidamente para el endurecimiento.

25 Entonces se aplica de nuevo una capa de mezcla de material de moldeo y luego se imprime selectivamente de nuevo conforme a los datos del ordenador.

Esto se repite hasta que se haya constituido el modelo deseado. Se forma el cuerpo deseado, el cual, después de finalizado el proceso de formación de capas, debe ser liberado de la arena circundante.

30 Para aumentar la resistencia mecánica y, al mismo tiempo, para el alisamiento de la superficie, las piezas componentes acabadas pueden ser rociadas con una solución de vidrio soluble o una mezcla de vidrio soluble-agua y, a continuación, ser secadas en la estufa.

35 La arena no impresa mixta puede ser introducida de nuevo en el proceso. Para ello, esta arena debe ser liberada de los modelos, o bien partes moldeadas y tamizada, con el fin de evitar impurezas toscas. Ventajosamente, el material de moldeo reutilizado se mezcla con material reciente antes de un uso renovado, con el fin de conseguir así una calidad constante. La aportación por mezcladura de nueva arena debería oscilar preferiblemente entre 10 y 50% en peso.

40 Se ha demostrado que se puede alcanzar un buen efecto aglutinante cuando en la arena se mezclan 2 y 12% en peso de mezcla de aglutinantes (mezcla a base de vidrio soluble secado por pulverización y dióxido de silicio amorfo).

45 Ventajosamente, la aportación por mezcladura oscila entre 3% y 6%. Las resistencias mecánicas alcanzables se encuentran entonces, en el caso de utilizar arena de cuarzo del tipo GS14 (MK: 0,14 mm / índice AFS 97) en aproximadamente 280 N/cm². Con el fin de alcanzar una activación suficiente del aglutinante, se han de dosificar entonces al material de moldeo entre 3% y 18%, referido al peso de solución acuosa. Ventajosamente, la cantidad a dosificar oscila entre 5% y 10%.

50 Con el fin de evitar que el agua penetre de manera no deseada en zonas del borde y no impresas y conduzca allí asimismo a una reacción de solidificación y, con ello, a un empeoramiento de la fidelidad de la imagen y de la disolución puede estar prevista una reacción de solidificación acelerada.

55 Esto se consigue, por ejemplo, mediante la incorporación de calor. Un aumento de la temperatura de la arena de 20° C a 60° C acelera el proceso de solidificación de varias a unas pocas horas. En el caso de un aumento todavía adicional hasta 90° C, la consolidación puede tener lugar incluso en unos pocos minutos. Mediante la incorporación de calor se acelera claramente la reacción de endurecimiento del aglutinante con el endurecedor latente, el dióxido de silicio amorfo. No obstante, en este caso debe tenerse en cuenta que las capas procesadas no deben desprenderse de forma separada una de otra, ya que entonces no se da la unión entre capas. Es decir, en función del tamaño del campo de construcción y de la velocidad del proceso, la duración de la solidificación no debería ser menor que 10 min.

60

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método para la construcción por capas de modelos, en el que en una zona de construcción se aplica por capas, mediante un dispositivo de revestimiento, un material en forma de partículas y, a continuación, se endurece selectivamente, y estos pasos se repiten hasta que se obtenga un modelo deseado, el material en forma de partículas comprende un material de construcción en forma de partículas, **caracterizado por que** el material en forma de partículas presenta una solución de silicato alcalino secada por pulverización, se efectúa una activación selectiva del endurecimiento mediante una solución que comprende agua y tiene lugar un proceso de secado.
- 10 2. Método según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el material en forma de partículas comprende arena.
3. Método según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** el material en forma de partículas comprende un endurecedor inorgánico, en particular un endurecedor inorgánico latente.
- 15 4. Método según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** el material en forma de partículas presenta un aglutinante adicional, en particular un agente aglutinante que endurece hidráulicamente, preferiblemente por que el aglutinante de endurecimiento hidráulico comprende cemento Portland, cemento de tierra de arcilla y/o un aglutinante de óxido de aluminio hidráulico.
- 20 5. Método según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** la solución de silicato alcalino secada por pulverización está contenida en forma de partículas en el material en forma de partículas, preferiblemente por que la solución de silicato alcalino secada por pulverización está aplicada como revestimiento sobre el material de construcción en forma de partículas.
- 25 6. Método según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** el material en forma de partículas comprende un endurecedor latente, el cual se elige del grupo del ácido silícico sintético, en particular ácido silícico térmico y/o pirógeno.
- 30 7. Método según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** la proporción de silicato alcalino secado por pulverización asciende a 2-18, preferiblemente a 3-10% en peso.
8. Método según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** la proporción del endurecedor latente asciende a 5-90% en peso, referido al silicato alcalino.
- 35 9. Método según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** el material en forma de partículas comprende, además, materiales refractarios y/o cargas.
- 40 10. Método según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** el material en forma de partículas comprende una mezcla a base de aglutinante de silicato de metal alcalino secado por pulverización, arena, dióxido de silicio amorfo en una relación en % en peso de 1,5-15 : 80-98 : 0,2-8.
11. Método según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** la solución para la activación del endurecimiento selectivo contiene un silicato estratificado, preferiblemente en 5-15 por ciento en masa.
- 45 12. Método según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** la solución para el endurecimiento selectivo se aplica con un cabezal de impresión de chorro de tinta, preferiblemente con la tecnología piezoeléctrica, y/o por que el endurecimiento se acelera mediante calor, en particular convección y/o radiación térmica.