

Método para aplicar un material de construcción

Campo técnico

5

La invención se refiere a un proceso para la aplicación de un material de construcción curable, en particular un aglutinante mineral o una composición aglutinante mineral. La invención se refiere además a un cuerpo moldeado que se puede obtener o se obtiene mediante el proceso de aplicación de un material de construcción curable.

10

Técnica previa

15

La producción de cuerpos moldeados mediante procesos de fabricación generativa está ganando cada vez más importancia en todos los campos de la tecnología. El término "proceso de fabricación generativa" o "fabricación generativa" se refiere a procesos en los que un objeto tridimensional o un cuerpo moldeado se produce mediante deposición, aplicación y/o solidificación tridimensional selectiva de material.

20

La deposición, aplicación y/o solidificación del material se realiza, en particular, con la ayuda de un modelo de datos del objeto a producir y en particular en capas. En el proceso de fabricación generativa, cada objeto se produce normalmente a partir de una o más capas. Para fabricar un objeto, es habitual emplear un material informe (por ejemplo, líquidos, polvos, gránulos, etc.) y/o un material de forma neutral (por ejemplo, cintas, alambres) que se somete, en particular, a procesos químicos y/o físicos (por ejemplo, fusión, polimerización, sinterización, curado). Los procesos de fabricación generativa también se denominan, entre otros, "procesos de fabricación aditiva", "fabricación aditiva" o "impresión 3D".

25

30

En el sector de la construcción, también se ha intentado durante algún tiempo producir componentes de construcción geométricamente exigentes, como elementos de hormigón, mediante procesos generativos.

Esto es posible hasta cierto punto por medio de aparatos apropiados. Así, por ejemplo, WO 2013/064826 A1 divulga un proceso y un aparato para la aplicación de materiales a base de cemento. Aquí, el material líquido a base de cemento se aplica por medio de un brazo robótico móvil

en un lugar previsto. Una desventaja de tales sistemas es que el material de construcción a menudo no es suficientemente constante con respecto a varias propiedades, en particular con respecto a la mezcla de componentes. Como resultado, pueden ocurrir irregularidades en una estructura producida con el uso del material de construcción.

5

En general, las propiedades físicas y químicas de las composiciones aglutinantes minerales aumentan en gran medida la dificultad de producción generativa de objetos o cuerpos moldeados a partir de tales composiciones aglutinantes. Como se ha descubierto, esto es atribuible, en particular, al hecho de que las propiedades de las composiciones de aglutinantes minerales en el estado procesable, tanto durante el proceso de curado como también en el estado curado, están fuertemente influenciadas por condiciones ambientales y el aparato en la producción y aplicación.

10

Además, la composición del material de construcción curado debe cumplir otros requisitos, dependiendo de los objetos a producir. Por ejemplo, puede ser necesario controlar las propiedades de flujo, la cinética y el comportamiento de contracción durante el proceso de fraguado y curado o la resistencia y calidad de la superficie después del curado para producir un objeto que tenga las propiedades deseadas.

15

Los procesos conocidos hasta el momento para la producción generativa de objetos a partir de materiales de construcción curables no son completamente convincentes o requieren aparatos complejos y complicados.

20

Por esta razón, sigue existiendo la necesidad de soluciones nuevas y mejoradas que superen preferentemente las desventajas mencionadas anteriormente.

25

Breve descripción de la invención

Por lo tanto, la presente invención aborda el problema de proporcionar procesos mejorados para la producción generativa de cuerpos moldeados. Los procesos deberían permitir, en particular, una producción eficaz, fiable y muy flexible de cuerpos moldeados a partir de materiales de construcción curables, en particular composiciones aglutinantes minerales. Si es posible, esto debería combinarse con un gasto muy bajo en términos de aparatos y ser lo más económico posible.

30

Sorprendentemente, se ha descubierto que el problema abordado por la invención puede resolverse mediante un proceso de aplicación de un material de construcción curable según la Reivindicación 1.

5 Como se ha descubierto, los objetos se pueden producir a partir de materiales de construcción curables, por ejemplo a partir de composiciones de aglutinantes minerales, de una manera eficaz, fiable y flexible con un gasto relativamente pequeño en términos de aparatos por medio de dicho proceso. Debido al aparato limitado requerido, los costes de los sistemas según la invención pueden mantenerse relativamente bajos.

10 Además, se ha descubierto sorprendentemente que se pueden producir objetos que tienen una buena calidad en términos de resistencia y naturaleza de la superficie mediante el proceso de la invención. Los procesos también son de uso universal, dan resultados fácilmente reproducibles y, si es necesario, pueden usarse para la aplicación de una amplia variedad de materiales de construcción curables, por ejemplo composiciones de mortero u hormigón.

15 Esto podría atribuirse al hecho de que dos componentes separados del material de construcción pueden introducirse por medio de un dispositivo de alimentación en un aparato de mezcla. Por tanto, la composición del material de construcción curable se puede adaptar en cualquier momento y de forma flexible antes y/o durante la aplicación.

20 Además, cuando se usan unidades de control configuradas adecuadamente y/o unidades de medición opcionales, el proceso de la invención se puede expandir de manera relativamente simple para una variedad de usos.

25 Otros aspectos de la invención son materia de otras reivindicaciones independientes. Las modalidades particularmente preferidas de la invención son materia de las reivindicaciones dependientes.

30 **Formas de realizar la invención**

En un primer aspecto, la invención proporciona un proceso para la aplicación de un material de construcción curable, en particular en un proceso generativo, que comprende las etapas:

- provisión de al menos dos componentes separados del material de construcción;
- introducción de los al menos dos componentes separados en un aparato de mezcla, en particular en una cámara de mezcla del aparato de mezcla, con un dispositivo de alimentación;
- 5 - mezclar los al menos dos componentes separados en el aparato de mezcla para dar el material de construcción curable en el estado de fraguado;
- 10 - alimentar el material de construcción fraguado a través de un conducto de transporte mediante el uso de un dispositivo de transporte a un cabezal de impresión que se puede mover en al menos una dirección en el espacio;
- aplicación del material de construcción fraguado por medio del cabezal de impresión móvil.

15 Para los fines presentes, un "material de construcción" es un material que comprende o consiste de al menos dos componentes separados. El material de construcción sirve, en particular, para el montaje de objetos tridimensionales que pueden ser, por ejemplo, constituyentes de obras de construcción y/o edificios.

20 Un "material de construcción curable" es un material de construcción que normalmente es fluido o licuable y después de la preparación, por ejemplo mediante la adición de agua de mezcla y/o mezcla de componentes, puede curar como sólido.

25 Por consiguiente, un "material de construcción fraguado" es un material de construcción curable en el estado de fraguado o curado, en el que se ha iniciado el proceso de fraguado, por ejemplo mediante la adición de agua de mezcla y/o un endurecedor.

El material de construcción curable es, por ejemplo, resinas de reacción, un aglutinante mineral, composiciones aglutinantes minerales o mezclas de estos.

30

Las resinas de reacción son, en particular, resinas sintéticas líquidas o licuables que curan por polimerización o poliadición para dar termoendurecibles. Por ejemplo, es posible usar resinas de poliéster insaturado, resinas de éster vinílico, resinas acrílicas, resinas epoxi, resinas de poliuretano y/o resinas de silicona.

La expresión "aglutinante mineral" se refiere, en particular, a un aglutinante que reacciona en presencia de agua en una reacción de hidratación para dar hidratos sólidos o fases de hidratos. Esto puede ser, por ejemplo, un aglutinante hidráulico (por ejemplo, cemento o cal hidráulica), un
5 aglutinante hidráulico latente (por ejemplo, escoria), un aglutinante puzolánico (por ejemplo, cenizas volantes) o un aglutinante no hidráulico (por ejemplo, enlucido de yeso o cal blanca).

Por consiguiente, una "composición aglutinante mineral" es una composición que contiene al menos un aglutinante mineral. En el presente caso esto contiene, en particular, el aglutinante, agregados y
10 opcionalmente una o más mezclas o aditivos. Los agregados presentes pueden ser, por ejemplo, fracciones de partículas de roca, grava, arena (en forma natural y/o procesada (por ejemplo, triturada)) y/o rellenos.

La mezcla de los al menos dos componentes separados se lleva a cabo preferentemente en un
15 proceso continuo, en particular durante la aplicación del material de construcción.

Especialmente, el material de construcción curable en el estado de fraguado se proporciona continuamente desde los al menos dos componentes separados y se transporta a través del conducto de transporte al cabezal de impresión y se aplica por medio de este último.

20 En la aplicación, se da preferencia a una pluralidad de capas superpuestas del material de construcción que se aplican una encima de la otra para formar el objeto a producir.

El tiempo de residencia medio de los componentes del material de construcción curable durante la
25 mezcla en el aparato de mezcla, en particular en un mezclador dinámico, es preferentemente menor que 10 s, con mayor preferencia menor que 7 s, de manera particularmente preferente menor que 4 s. El tiempo de residencia medio de los componentes del material de construcción curable en el aparato de mezcla es para los fines presentes el período de tiempo durante el cual una partícula del material de construcción curable permanece en promedio en el aparato de mezcla, desde la entrada hasta la
30 salida.

La mezcla de al menos dos componentes separados para dar el material de construcción curable en el estado de fraguado se lleva a cabo preferentemente en un mezclador dinámico. Por consiguiente, el

aparato de mezcla comprende preferentemente un mezclador dinámico, o el aparato de mezcla consiste en un mezclador dinámico.

En el presente documento, un "mezclador dinámico" es un aparato de mezcla que comprende elementos móviles y es adecuado para mezclar constituyentes sólidos y/o líquidos mediante el movimiento de los elementos móviles. Se puede lograr un mezclado particularmente eficaz de los componentes por medio de un mezclador dinámico y es posible introducir energía en el material de construcción curable durante la operación de mezclado. Esto es particularmente ventajoso cuando el material de construcción curable comprende una composición aglutinante mineral.

Sin embargo, en principio también es posible usar un mezclador estático. Un mezclador estático es un mezclador en el que la mezcla se efectúa únicamente por el movimiento de flujo de los fluidos que se mueven a través del mezclador sin que estén presentes elementos móviles. Un mezclador estático normalmente tiene elementos que influyen en el flujo en una cámara de mezcla tubular. Los elementos que influyen en el flujo pueden desviar, dividir y/o combinar la corriente de material, como resultado de lo cual se logra la mezcla.

Ventajosamente, el cabezal de impresión está separado espacialmente y/o distanciado del aparato de mezcla, en particular de un mezclador dinámico. Este es particularmente el caso de todos los mezcladores dinámicos del sistema.

El aparato de mezcla, en particular un mezclador dinámico, está dispuesto preferentemente de tal manera que durante el funcionamiento una posición del cabezal de impresión con respecto al aparato de mezcla, en particular un mezclador dinámico, se cambia con el movimiento del cabezal de impresión. Este es en particular el caso de todos los mezcladores dinámicos.

El aparato de mezcla, en particular un mezclador dinámico del aparato de mezcla, está dispuesto preferentemente de manera estacionaria. Como resultado, esto no tiene que moverse junto con el cabezal de impresión móvil durante el funcionamiento. Se da preferencia a que todos los mezcladores dinámicos estén dispuestos de manera estacionaria.

El aparato de mezcla en el que se produce el material de construcción de curado comprende preferentemente un mezclador dinámico que está dispuesto aguas arriba del cabezal de impresión, preferentemente sin ningún mezclador dinámico dispuesto en el cabezal de impresión móvil.

Como resultado, el aparato de mezcla, en particular un mezclador dinámico, tampoco se mueve durante el movimiento del cabezal de impresión. Esto, a su vez, tiene la ventaja de que la mecánica del movimiento del cabezal de impresión puede simplificarse, lo que reduce tanto la complicación del
5 aparato como los costes.

Sin embargo, en principio también es posible instalar el aparato de mezcla al menos en parte en la región del cabezal de impresión móvil.

10 Se da preferencia a un proceso en el que el material de construcción curable en el estado de fraguado ya no pasa a través de ningún otro mezclador, en particular ningún otro mezclador dinámico, después de mezclar los al menos dos componentes separados, en particular en un mezclador dinámico, es completo.

15 En otra modalidad ilustrativa, el material de construcción curable en el estado de fraguado se transporta a través de un mezclador estático antes de salir del cabezal de impresión.

En una modalidad particular, el aparato de mezcla comprende un mezclador dinámico y un mezclador estático, estando el mezclador estático preferentemente presente en el conducto de transporte y/o en
20 el cabezal de impresión. El mezclador dinámico se dispone preferentemente distanciado del mezclador estático en la dirección del flujo. En particular, el mezclador dinámico está dispuesto aguas arriba del mezclador estático.

De esta manera, el material de construcción curable se puede volver a mezclar en el mezclador
25 estático después de la mezcla inicial en el mezclador dinámico. Si el mezclador estático se dispone directamente antes del cabezal mezclador o en el propio cabezal mezclador, esto puede efectuarse inmediatamente antes de la salida del material de construcción fraguado del cabezal de impresión, lo que puede mejorar la homogeneidad del material de construcción que sale del cabezal de impresión.

30 Además, un mezclador estático en la región del cabezal de impresión tiene la ventaja de que puede integrarse en el conducto de transporte y/o en el cabezal de impresión, por lo que la región del cabezal de impresión se puede mantener compacta. Además, los mezcladores estáticos normalmente son relativamente ligeros en comparación con los mezcladores dinámicos, por lo que la mecánica para

mover el cabezal de impresión tiene que ser menos robusta, lo que reduce tanto la complicación del aparato como los costes.

5 En una modalidad particular del proceso, el material de construcción fraguado se ve influenciado y/o alterado con respecto a sus propiedades químicas y/o físicas. Esto se realiza en particular en el conducto de transporte y/o en el cabezal de impresión, especialmente en el cabezal de impresión.

Las propiedades de flujo y/o el comportamiento de solidificación del material de construcción de curado se controlan y/o cambian preferentemente.

10

Por ejemplo, se añade al material de construcción fraguado una mezcla para influir en las propiedades químicas y/o físicas del material de construcción curable. La mezcla se selecciona preferentemente entre un retardador, un auxiliar reológico y/o un plastificante. Preferentemente es un retardador, un auxiliar reológico o un plastificante para composiciones aglutinantes minerales.

15

Los retardadores se seleccionan, por ejemplo, de la lista que consiste en ácidos hidroxicarboxílicos, sacarosa y/o fosfatos. Este es particularmente el caso cuando el material de construcción curable es un aglutinante mineral o una composición aglutinante mineral.

20

Posibles plastificantes son, por ejemplo, lignosulfonatos, condensados de naftaleno-formaldehído sulfonados, condensados de melamina-formaldehído sulfonados, copolímeros de vinilo sulfonados, polialquilenglicoles con grupos fosfonato, polialquilenglicoles con grupos fosfato, policarboxilatos, éteres de policarboxilato, polímeros de peine con cadenas laterales de óxido de polialquilenos y grupos aniónicos en la cadena principal del polímero, seleccionándose los grupos aniónicos, en particular, entre grupos carboxilato, grupos sulfonato, grupos fosfonato o grupos fosfato, o mezclas de los plastificantes mencionados.

25

El plastificante está presente preferentemente en una proporción del 0,05 al 5 % en peso, preferentemente del 0,08 al 4 % en peso, en particular del 0,1 al 3 % en peso, calculado como materia seca y basado en el peso total de la composición aglutinante seca.

30

A los efectos del presente documento, un "auxiliar reológico" es una sustancia que puede modificar las propiedades reológicas del material de construcción fraguado, en particular de una composición

aglutinante mineral que contiene agua; en particular, aumenta la viscosidad, el límite elástico y/o la tixotropía.

Por ejemplo, el auxiliar reológico se selecciona del grupo que consiste en almidones modificados, celulosas modificadas, polisacáridos microbianos y espesantes minerales. El almidón modificado es preferentemente un éter de almidón, en particular almidón de hidroxipropilo, almidón de carboximetilo o almidón de carboximetilhidroxipropilo. La celulosa modificada es preferentemente metilcelulosa, etilcelulosa, hidroximetilcelulosa, hidroxietilcelulosa o metilhidroxietilcelulosa.

- 10 El auxiliar reológico se añade preferentemente en una proporción de 0,01 a 2 % en peso, basado en el peso total de la composición aglutinante mineral seca.

El comportamiento de flujo, fraguado o curado de los materiales de construcción curables en forma de composiciones aglutinantes minerales se puede configurar de manera particularmente fácil por medio de los representantes de mezclas anteriormente mencionados. El auxiliar reológico es particularmente adecuado para asegurar la estabilidad dimensional de la composición aglutinante que contiene agua y para dar a una capa aplicada la resistencia suficiente para soportar una o más capas adicionales sin cambiar significativamente la forma. El uso de retardadores puede ser ventajoso, ya que de este modo aumenta el tiempo de procesamiento de la composición aglutinante que contiene agua.

20 En particular, la mezcla se añade al material de construcción curable en el estado de curado, por ejemplo a través de una boquilla de entrada presente en el conducto de transporte y/o en la región del cabezal de impresión. Por tanto, la introducción de la mezcla ocurre preferentemente después de mezclar los al menos dos componentes y después de que se haya obtenido el material de construcción curable en el estado de fraguado.

30 En una modalidad ventajosa, la boquilla de entrada está situada corriente arriba de cualquier mezclador estático presente y/o en la región de una abertura de salida del cabezal de impresión. De esta manera, la mezcla puede introducirse de manera eficaz en el material de construcción fraguado y mezclarse con este último.

Sin embargo, también se puede introducir una mezcla como constituyente de un componente y/o como componente separado durante la mezcla de los al menos dos componentes.

Además, puede ser ventajoso que el material de construcción de curado obtenido sea aireado o desaireado, en particular mediante la introducción de aire, mediante tratamiento al vacío y/o mediante vibración, antes de salir del cabezal de impresión al conducto de transporte y/o en el cabezal de impresión.

5

Esto permite controlar y/o cambiar las propiedades de flujo del material de construcción fraguado durante la aplicación. Esto puede ser útil, por ejemplo, para mantener constantes las propiedades de flujo en condiciones ambientales cambiantes y/o adaptar las propiedades de flujo para la sección respectiva del objeto a producir.

10

En una modalidad preferida, una temperatura del material de construcción fraguado se cambia antes de salir del cabezal de impresión, en particular por medio de un elemento de calentamiento y/o un elemento de enfriamiento.

15

Tales medidas permiten controlar y/o cambiar la temperatura del material de construcción fraguado durante la aplicación. Esto puede ser útil, por ejemplo, para controlar y/o modificar los procesos de solidificación y/o curado. Por ejemplo, la temperatura del material de construcción de curado se puede adaptar en caso de que cambien las condiciones ambientales. Asimismo, los procesos de fraguado o curado de diversas secciones del objeto a producir se pueden alterar mediante la adaptación de la

20

temperatura.

En una modalidad particularmente preferida, se mide una propiedad química y/o física del material de construcción fraguado en el aparato de mezcla, en el conducto de transporte, en el cabezal de impresión y/o después de la descarga del cabezal de impresión. Se da preferencia a medir la

25

temperatura, la presión, el contenido de humedad, la conductividad eléctrica, la distribución de la velocidad y/o la viscosidad del material de construcción de curado.

La determinación de una propiedad química y/o física del material de construcción fraguado permite evaluarlo con respecto a su estado específico. Esto hace posible, por ejemplo, que la relación de los

30

componentes, la velocidad a la que se transporta el material de construcción fraguado y/o la velocidad de adición de una mezcla se adapte en función de la propiedad química y/o física si es necesario. En general, se puede lograr de este modo una calidad más constante del material de construcción de curado y/o el material de construcción fraguado se puede adaptar o cambiar de manera selectiva para secciones específicas del objeto a producir.

El proceso se lleva a cabo ventajosamente con una propiedad química y/o física medida del material de construcción fraguado que tiene un valor previsto definido, en particular, con diferentes valores previstos que se pueden definir o habiendo sido definidos para varias secciones del objeto a producir.

5

La determinación de la propiedad química y/o física se lleva a cabo de manera particularmente preferente durante la aplicación del material de construcción, en particular en tiempo real.

10

Una frecuencia de medición para determinar la propiedad química y/o física es preferentemente $> 0,01$ Hz, preferentemente $> 0,1$ Hz, de manera particularmente preferente > 1 Hz, de manera muy particularmente preferente > 10 Hz. Las propiedades químicas y/o físicas del material de construcción fraguado se pueden determinar a intervalos regulares o de forma continua de esta manera.

15

Para determinar las propiedades químicas y/o físicas, se puede usar una unidad de medición que está dispuesta preferentemente en el aparato de mezcla, en el conducto de transporte en el cabezal de impresión y/o en una región exterior.

20

El aparato de medición comprende de manera particularmente preferente un aparato de medición de la temperatura, un aparato de medición de la presión, un aparato de medición de la humedad, un aparato de medición para determinar la conductividad eléctrica, un penetrómetro, un transductor ultrasónico y/o un reómetro. Un experto en la técnica conoce de por sí aparatos de medición adecuados.

25

De este modo se pueden determinar esencialmente todas las propiedades relevantes del material de construcción fraguado.

30

Además, puede ser ventajoso alterar una abertura de caudal en la salida del cabezal de impresión durante la aplicación. Esto se hace, por ejemplo, en función de la estructura del objeto a producir. De esta manera, la velocidad de caudal durante la aplicación del material de construcción fraguado se puede adaptar de manera selectiva.

En particular, la alteración de la abertura de caudal en la salida del cabezal de impresión se efectúa al abrir y/o cerrar una válvula, en particular una válvula que se puede abrir y cerrar de forma neumática y/o electroquímicamente.

En particular, el proceso se lleva a cabo usando una unidad de control. La unidad de control está diseñada, en particular, de modo que las etapas del proceso descritas anteriormente se puedan controlar y/o regular. Para ello, la unidad de control puede diseñarse de tal manera que al menos parte de los aparatos y unidades presentes en el sistema se puedan controlar y/o regular.

5

El término "regular" o "regulado" se refiere, en particular, al establecimiento de un valor previsto predeterminado y al mantenimiento del mismo durante un período de tiempo definido.

10

La unidad de control tiene, en particular, un procesador, un almacén de datos, una interfaz para recibir datos de cualquier aparato de medición presente y/o una interfaz para controlar los aparatos del sistema. Los aparatos y unidades presentes en el sistema están conectados preferentemente a través de líneas de datos, líneas de control y/o sistemas de comunicación inalámbrica a la unidad de control.

15

Los dispositivos controlables son, si están presentes, el cabezal de impresión móvil, la abertura de salida controlable, el aparato de mezcla, el dispositivo de transporte, la boquilla de entrada y/o el dispositivo de alimentación, en particular.

20

Un modelo de datos que representa al menos parte del objeto a producir o todo el objeto a producir se almacena preferentemente en la unidad de control antes y/o durante la aplicación y se establecen los parámetros y/o valores previstos que se deben cumplir durante la aplicación con relación al modelo de datos.

25

Aquí, se establecen preferentemente diferentes parámetros y/o valores previstos para varias secciones del objeto a producir. Los parámetros o valores previstos son, por ejemplo, la velocidad a la que transporta el dispositivo de transporte, el tamaño de la abertura de la boquilla de salida, la relación de mezcla de los al menos dos componentes, la velocidad de adición de la mezcla a través de la boquilla de entrada, la presión del material de construcción fraguado, la viscosidad del material de construcción fraguado, la temperatura del material de construcción fraguado y/o la temperatura ambiente de la región en la que se produce el objeto a producir.

30

Además, puede ser ventajoso que una o más propiedades de los al menos dos componentes del material de construcción curable, por ejemplo la composición química, un límite de elasticidad determinado previamente y/o una viscosidad determinada previamente, se tengan en cuenta al establecer los parámetros o valores previstos.

En una modalidad preferida, el tamaño de la abertura de caudal de la salida controlable se controla en función del tamaño y/o la estructura del objeto a producir, en particular por medio de la unidad de control. De esta manera, la estructura a producir se puede producir de manera más precisa y más controlada.

En otra modalidad preferida, la potencia de transporte del dispositivo de transporte se controla y/o regula, en particular mediante la unidad de control, en función de una propiedad química y/o física medida del material de construcción de curado, en particular como una función de la presión del material de construcción de curado en el conducto de transporte y/o en el cabezal de impresión.

Preferentemente, se mantiene una presión esencialmente constante en el conducto de transporte y/o el cabezal de impresión, particularmente de tal manera que un flujo definido de material de fraguado sale del cabezal de impresión en el caso de una abertura de salida determinada. De este modo, se puede mejorar la precisión en la producción del objeto a producir.

El control y/o la regulación se lleva a cabo ventajosamente de modo que la propiedad química y/o física medida, en particular la presión y/o la viscosidad, del material de construcción fraguado tenga un valor previsto definido, en particular, con valores previstos diferentes que se pueden definir o que son definidos para varias secciones del objeto a producir.

También puede ser ventajoso regular la potencia de transporte del dispositivo de transporte en relación con un nivel de llenado de los componentes en uno o más recipientes en los que se almacenan los componentes. Esto permite evitar que el sistema funcione en vacío y se introduzca aire.

En particular, una velocidad de adición de al menos un componente del material de construcción, en particular una mezcla, se regula y/o controla en función de la propiedad química y/o física del material de construcción fraguado y/o en función del tamaño y/o estructura del objeto a producir. Esto se hace, en particular, usando la unidad de control y/o en tiempo real.

De esta manera, la composición y naturaleza del material de construcción fraguado pueden mantenerse constantes y/o adaptarse de manera selectiva. El control y/o la regulación se lleva a cabo ventajosamente de modo que la propiedad química y/o física medida del material de construcción de

curado tenga un valor previsto definido, en particular, con valores previstos diferentes que se pueden definir o que son definidos para varias secciones del objeto a producir.

5 En otra modalidad preferida, un flujo volumétrico del material de construcción de curado que sale del cabezal de impresión se controla y/o regula en función del tamaño y/o estructura de un objeto a producir usando el material de construcción de curado.

10 La potencia de transporte del dispositivo de transporte se controla y/o regula en particular en función de una propiedad química y/o física medida del material de construcción de curado y/o en función del tamaño y/o estructura de un objeto a producir usando el material de construcción fraguado. El control y/o la regulación se lleva a cabo ventajosamente de modo que la propiedad química y/o física medida del material de construcción de curado tenga un valor previsto definido, en particular, con diferentes valores previstos que se pueden definir o que son definidos para varias secciones del objeto a producir.

15 Además, se da preferencia a la velocidad de adición de una mezcla, en particular un auxiliar reológico y/o un retardador, mediante el control y/o regulación de la boquilla de entrada en función de una propiedad química y/o física del material de construcción de curado, por ejemplo la viscosidad, y/o en función del tamaño y/o estructura de un objeto a producir usando el material de construcción fraguado.

20 El control y/o la regulación de la velocidad de adición la mezcla se lleva a cabo ventajosamente de modo que la propiedad química y/o física medida del material de construcción de curado tenga un valor previsto definido, en particular, con diferentes valores previstos que se pueden definir o que son definidos para varias secciones del objeto a producir.

25 Asimismo, es ventajoso que la aplicación del material de construcción fraguado se controle y/o regule con respecto a la temperatura ambiente de una región en la que se produce el objeto a fabricar. Por ejemplo, la velocidad de adición de una mezcla se puede controlar y/o regular por medio de la boquilla de entrada, la potencia de transporte del dispositivo de transporte y/o la velocidad de adición de al menos un componente del material de construcción en función de la temperatura ambiente de una

30 región en la que se produce el objeto a fabricar.

Además, se da preferencia a que la velocidad de transporte y el movimiento del cabezal de impresión se adapten entre sí. Esto se hace, en particular, de tal manera que una cantidad constante de material

de construcción de curado sale del cabezal de impresión por unidad de desplazamiento recorrida por el cabezal de impresión.

5 En una modalidad particularmente preferida, se mezcla un plastificante con el material de construcción
fraguado en el aparato de mezcla, en particular en un mezclador dinámico, durante la aplicación y se
añade opcionalmente un auxiliar reológico y/o un retardador al material de construcción fraguado a
través de la boquilla de entrada. En la dirección de flujo, se añade primero el plastificante y
posteriormente se añade el auxiliar reológico y/o el retardador. La cantidad y/o la velocidad de adición
10 del plastificante, del auxiliar reológico y/o del retardador se establece, en particular, en función de una
propiedad química y/o física medida del material de construcción de curado y/o en función del tamaño
y/o estructura del objeto a producir. Esto se hace, en particular, como se describió anteriormente.

El dispositivo de alimentación está configurado ventajosamente de modo que se pueda introducir un
componente sólido del material de construcción en el aparato de mezcla a través de una primera
15 entrada y se pueda introducir un componente líquido a través de una segunda entrada. Por ejemplo,
un componente sólido de una composición aglutinante mineral, que comprende, por ejemplo, un
aglutinante mineral y agregados en forma sólida, se puede introducir a través de la primera entrada en
el aparato de mezcla, mientras que se puede introducir un componente líquido, por ejemplo agua, por
separado del primer componente a través de la segunda entrada. De esta manera, la relación de
20 mezcla de los dos componentes se puede adaptar en cualquier momento.

En otra modalidad ventajosa, el dispositivo de alimentación está configurado de modo que al menos
tres componentes separados del material de construcción puedan introducirse en el aparato de mezcla
a través de al menos tres entradas separadas en el aparato de mezcla. Esto permite controlar aún
25 mejor la composición del material de construcción curable. Por ejemplo, un componente sólido de una
composición aglutinante mineral que comprende, por ejemplo, un aglutinante mineral y agregados en
forma sólida se puede introducir a través de la primera entrada en el aparato de mezcla. Un segundo
componente, que por ejemplo comprende fibras, se puede introducir luego por separado a través de la
segunda entrada en el aparato de mezcla, mientras que el tercer componente, por ejemplo agua, se
30 puede introducir por separado de los otros dos componentes a través de la tercera entrada en el
aparato de mezcla. La relación de mezcla de los tres componentes, por ejemplo aglutinante con
agregados, fibras y agua, se puede adaptar así en cualquier momento.

En principio, también pueden estar presentes cuatro, cinco o incluso más entradas separadas. De esta manera, el material de construcción curable puede modificarse virtualmente de cualquier manera con respecto a su composición durante la aplicación.

- 5 Si el sistema comprende una boquilla de entrada, el dispositivo de alimentación tiene ventajosamente una entrada adicional que, por ejemplo, se corresponde con un depósito de mezcla y también tiene una salida adicional que está conectada a la boquilla de entrada.

- 10 A los efectos del presente documento, "fibras" son materiales cuya relación de longitud a diámetro o de longitud a diámetro equivalente es de al menos 10:1. Esta relación también se denomina factor de forma.

- 15 A los efectos del presente documento, el "diámetro equivalente de una fibra" es el diámetro de un círculo que tiene la misma área que el área de la sección transversal de una fibra que no tiene una sección transversal redonda.

- 20 El dispositivo de alimentación tiene, en particular, al menos uno o más dispositivos dosificadores. El al menos un dispositivo dosificador está configurado de modo que uno o más de los componentes del material de construcción curable se puedan dosificar de manera controlada y/o con una velocidad de adición definida en el aparato de mezcla.

Es particularmente ventajoso que cada entrada del aparato de mezcla tenga un dispositivo dosificador separado y controlable individualmente.

- 25 Si el sistema comprende una boquilla de entrada, el dispositivo de alimentación tiene ventajosamente un dispositivo dosificador adicional que está configurado de tal manera que se puede introducir una mezcla de manera controlada y/o con una velocidad de adición definida en la boquilla de entrada.

- 30 Por ejemplo, el dispositivo dosificador es un dispositivo dosificador gravimétrico. En el presente caso, se ha descubierto que tales dispositivos de dosificación son fácilmente manejables pero no obstante precisos.

La provisión de un dispositivo dosificador gravimétrico ofrece la ventaja de que un componente, en particular un componente sólido, se puede introducir en cantidades precisas en el sistema. De esta forma se puede mantener constante la calidad del material de construcción.

- 5 En otro desarrollo ilustrativo, el dispositivo dosificador comprende un embudo y una instalación de transporte. La instalación de transporte se puede configurar, en particular, como tornillo de transporte o cinta transportadora.

- 10 La provisión de un embudo y una instalación de transporte tiene la ventaja de que permite usar grandes unidades de un componente del material de construcción, por ejemplo grandes contenedores o sacos (conocidos en lenguaje técnico como "Big Bag"). Por ejemplo, tales unidades grandes se pueden colgar en un recipiente y el contenido se puede suministrar a través de un embudo a una instalación de transporte. El embudo tiene la ventaja de que se puede utilizar como almacén y por lo tanto puede salvar un período de tiempo durante el cual se intercambian los contenedores del primer
15 constituyente del primer componente del material de construcción. La instalación de transporte permite, por ejemplo, suministrar un primer componente al dispositivo dosificador.

- En una modalidad ventajosa, el dispositivo de transporte está presente en el aparato de mezcla, en el conducto de transporte y/o en el cabezal de impresión o el dispositivo de transporte es un
20 constituyente de estos elementos. Esto permite una construcción compacta. Sin embargo, también son posibles las disposiciones del dispositivo de transporte.

- En particular, un elemento de transporte está presente en la región del cabezal de impresión y/o está integrado en este último y, en particular, se mueve junto con el movimiento del cabezal de impresión.
25 De esta manera la potencia de transporte se puede mantener constante de forma especialmente eficaz.

- Se da una preferencia muy particular a la presencia de dos dispositivos de transporte separados, estando integrado preferentemente un primer dispositivo de transporte en el aparato de mezcla
30 mientras que el segundo dispositivo de transporte está integrado en el cabezal mezclador. Esto da como resultado un transporte particularmente uniforme del material de construcción de curado.

Como dispositivo de transporte, se usa en particular una bomba, por ejemplo un tornillo de transporte.

En una modalidad ilustrativa, el aparato de mezcla comprende un eje agitador que está equipado en una primera sección con elementos agitadores y sobre el que se dispone un elemento de transporte en una segunda sección.

- 5 Se ha descubierto que, en primer lugar, los componentes del material de construcción curable se pueden mezclar de esta manera en el aparato de mezcla y al mismo tiempo se pueden transportar en forma mixta fuera del aparato de mezcla.

- 10 En otro desarrollo ventajoso, los elementos de agitación están configurados como pasadores. En otra modalidad ventajosa, los elementos de agitación tienen una rosca exterior de modo que los elementos de agitación se pueden enroscar en depresiones con roscas internas en el eje del agitador.

En otro desarrollo ilustrativo, el elemento de transporte está configurado como tornillo de transporte.

- 15 En otro desarrollo ilustrativo, la primera sección del eje del agitador está dispuesta en una primera región de un tambor del mezclador en el que el tambor tiene al menos dos entradas. Además, la segunda sección del eje del agitador está dispuesta en una segunda región del tambor en la que el tambor tiene una salida.

- 20 En otro desarrollo ilustrativo, el elemento de transporte se puede extraer del eje agitador en la dirección de un eje del eje de agitador.

En otro desarrollo ilustrativo, el elemento de transporte comprende un elemento de fijación para trabar el elemento de transporte en el eje agitador.

25

En otro desarrollo ilustrativo, un tambor del mezclador se fabrica en una sola pieza y/o en forma de un tubo.

- 30 En particular, el sistema usado para llevar a cabo el proceso de la invención tiene al menos un recipiente en el que se puede almacenar al menos uno de los dos componentes del material de construcción. El sistema de la invención tiene de manera particularmente preferente al menos dos recipientes en los que los al menos dos componentes del material de construcción pueden almacenarse espacialmente por separado.

Además, el sistema de la invención puede tener un depósito para una mezcla. Una mezcla que se añade, por ejemplo, a través de la boquilla de entrada puede almacenarse en dicho depósito.

5 Sin embargo, también es posible suministrar uno o más de los componentes y/o una mezcla a través de un conducto de transporte desde una fuente externa.

10 El uno o más recipientes se corresponden preferentemente con el dispositivo de alimentación, de modo que un componente presente en un recipiente se puede introducir directamente a través de una entrada dedicada en el aparato de mezcla.

En tal disposición, el sistema de la invención puede, después de cargar los recipientes y/o la conexión a un conducto de transporte, producir una parte definida o la totalidad del objeto a producir, esencialmente sin más intervención.

15 En una modalidad particularmente ventajosa:

- un primer componente del material de construcción está presente en forma sólida y comprende un aglutinante mineral y opcionalmente agregados, en particular grava, arena, fracciones de partículas de roca y/o rellenos, y opcionalmente una mezcla de hormigón y/o mortero;

20

- un segundo componente del material de construcción está presente en forma líquida y comprende agua;

- un tercer componente opcional que comprende un plastificante está presente;

25

- opcionalmente está presente una mezcla que se puede añadir a través de la boquilla de entrada y que comprende preferentemente un plastificante, un auxiliar reológico y/o un retardador;

30

donde los componentes y opcionalmente la mezcla están presentes en recipientes que están separados espacialmente entre sí y son constituyentes del dispositivo de alimentación y/o se comunican con este último.

El primer componente es de manera particularmente preferente una composición aglutinante mineral seca que comprende cemento y rellenos minerales, donde la composición aglutinante comprende al

menos un acelerador de fraguado a base de sulfato de aluminio, al menos un superplastificante a base de un éter de policarboxilato y al menos un auxiliar reológico, donde el éter de policarboxilato tiene, suponiendo que todos los grupos ácido carboxílico están presentes como ácido libre, al menos 1 mmol, en particular al menos 1,2 mmol, especialmente al menos 1,8 mmol, de grupos ácido carboxílico por gramo de éter de policarboxilato seco.

En el presente documento, una "composición aglutinante mineral seca" es una composición aglutinante mineral de flujo libre que tiene un contenido de humedad inferior al 0,5 % en peso.

10 En el presente documento, una "composición aglutinante mineral que contiene agua" es una composición aglutinante mineral que se ha mezclado con agua, en particular en forma fluida. Por consiguiente, una "composición aglutinante mineral que contiene agua" es un material de construcción curable en el estado de fraguado.

15 En el presente documento, un "éter de policarboxilato" es un polímero de peine que comprende una cadena principal de hidrocarburos con grupos de ácido carboxílico o sales de estos unidos a los mismos y también cadenas laterales de polialquilenglicol unidas covalentemente a la cadena principal. Las cadenas laterales, en particular, se unen a través de grupos éster, éter, imida y/o amida a la cadena principal del policarboxilato.

20

La cantidad de grupos de ácido carboxílico en el éter de policarboxilato se expresa como milimol de grupos de ácido carboxílico en un gramo del éter de policarboxilato (mmol/g). Para ello, cualquier sal de los ácidos carboxílicos presentes se cuentan como grupos de ácido carboxílico y se usa el peso del éter de policarboxilato en forma no neutralizada. Los ésteres carboxílicos no se cuentan como grupos de ácido carboxílico en este caso, incluso cuando están presentes en forma latente, es decir cuando pueden hidrolizarse en un medio alcalino a pH 12.

25

En el presente documento, la "estabilidad dimensional" es una propiedad de los materiales tal que el material después del moldeado tiene dimensiones individuales que se alteran en no más del 10 %, siempre que ninguna fuerza externa aparte de la gravedad actúe sobre el material moldeado.

30

En el presente documento, "resistencia al escurrimiento" se refiere a cualquier resistencia que tenga el material curable después de la aplicación pero antes del curado.

Como cemento, es posible usar cualquier tipo de cemento disponible o una mezcla de dos o más tipos de cemento, por ejemplo los cementos clasificados según DIN EN 197-1: cemento Portland (CEM I), cemento compuesto Portland (CEM II), cemento de escoria de alto horno (CEM III), cemento puzolánico (CEM IV) y cemento compuesto (CEM V). Por supuesto, los cementos que se producen de acuerdo con un estándar alternativo, por ejemplo el estándar ASTM o el estándar de India, son igualmente adecuados. Se da preferencia al cemento Portland CEM I o CEM II de conformidad con DIN EN 197-1. Se da particular preferencia al cemento Portland CEM I 42.5 o CEM I 52.5. Tales cementos dan buenas resistencias y buena procesabilidad.

- 10 Para la producción de cuerpos moldeados blancos o coloreados, es ventajoso usar un cemento blanco CEM I o CEM II.

- 15 La composición aglutinante mineral seca también contiene ventajosamente al menos un aglutinante hidráulico o puzolánico latente, en particular metacaolín y/o polvo de sílice. El aglutinante hidráulico o puzolánico latente está presente preferentemente en una cantidad de 0,1 a 10 % en peso, en particular de 0,5 a 5 % en peso, en la composición aglutinante. Estos aditivos pueden mejorar la procesabilidad de la composición aglutinante acuosa y la resistencia de la composición aglutinante curada.

- 20 La composición aglutinante mineral seca contiene rellenos minerales. Los rellenos son materiales particulados sólidos químicamente inertes y están disponibles en varias formas, tamaños y como diferentes materiales que varían desde partículas de arena muy finas hasta piedras grandes y gruesas. Todos los rellenos que se usan habitualmente para hormigón y mortero son adecuados en principio. Ejemplos de rellenos particularmente adecuados son fracciones de partículas de roca, grava, arena, en particular arena de sílice, arena de piedra caliza y arena de escoria, piedras trituradas, guijarros calcinados o rellenos ligeros como arcilla expandida, vidrio expandido, espuma de vidrio, piedra pómez, perlita y vermiculita. Otros rellenos ventajosos son rellenos finos o muy finos como piedra caliza o dolomita molida, óxido de aluminio, polvo de sílice (SiO_2 amorfo), harina de cuarzo o escoria de acero molida sin o con reactividad hidráulica débilmente latente.

- 25 Los rellenos preferidos se seleccionan del grupo que consiste en arena de sílice, harina de cuarzo, arena de piedra caliza, piedra caliza molida y escoria de acero molida. El relleno comprende preferentemente al menos un relleno cristalino finamente molido, en particular piedra caliza. Esto puede promover el desarrollo temprano de la resistencia de la composición aglutinante mezclada con agua.

El tamaño de partícula de los rellenos depende del uso y está en el rango de 0,1 μm a 32 mm y más. Se da preferencia a mezclar diferentes tamaños de partículas con el fin de establecer las propiedades de la composición aglutinante como una forma óptima. También es posible mezclar rellenos compuestos por diferentes materiales. El tamaño de partícula se puede determinar mediante análisis de tamiz.

Se da preferencia a los rellenos que tienen tamaños de partículas de no más de 8 mm, preferentemente no más de 5 mm, incluso con mayor preferencia no más de 3,5 mm, con la máxima preferencia no más de 2,2 mm, en particular no más de 1,2 mm o no más de 1,0 mm.

El tamaño de partícula está determinado particularmente por el espesor de capa planificado de las capas aplicadas en la impresión 3D o el proceso de fabricación generativa. Por tanto, el tamaño máximo de partícula de los rellenos no es, de manera apropiada, mayor que el espesor de la capa cuando se aplica.

La composición aglutinante mineral seca contiene preferentemente de 20 a 40 % en peso, en particular de 22 a 36 % en peso, basado en el peso total de la composición aglutinante seca, de rellenos finos con un tamaño de partícula inferior a 0,125 mm.

Los rellenos adecuados que tienen un tamaño de partícula pequeño son, en particular, arenas finas de sílice, harina de cuarzo, carbonato de calcio molido o escoria de acero molido.

La composición aglutinante mineral contiene preferentemente de 1 a 10 % en peso, con mayor preferencia de 2 a 5 % en peso, de carbonato de calcio molido que tiene un tamaño de partícula inferior a 0,01 mm. El carbonato de calcio fino mejora la procesabilidad de la composición aglutinante que se ha mezclado con agua y puede aumentar el desarrollo de resistencia de la composición aglutinante.

Las composiciones aglutinantes acuosas que tienen tales tamaños de partículas son fácilmente transportables, se pueden mezclar fácilmente con el acelerador acuoso en el mezclador continuo y después de la aplicación dan una superficie muy homogénea.

En usos específicos, también es posible usar rellenos que tienen tamaños de partículas de hasta 32 mm, con mayor preferencia hasta 20 mm, con la máxima preferencia hasta 16 mm.

Los rellenos minerales están presentes preferentemente en una cantidad del 45 al 85 % en peso, en particular del 50 al 80 % en peso, basado en el peso total de la composición aglutinante mineral seca.

La composición aglutinante mineral seca contiene preferentemente un acelerador a base de sulfato de aluminio. El acelerador es un polvo que fluye libremente y contiene ventajosamente al menos 30 % en peso, preferentemente al menos 35 % en peso, con mayor preferencia al menos 40 % en peso, de sulfato de aluminio, calculado como sulfato de hidrato de aluminio $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 16 \text{H}_2\text{O}$.

El acelerador puede contener ventajosamente otros constituyentes tales como aminoalcoholes, nitratos de metales alcalinos y nitratos de metales alcalinotérreos, nitritos de metales alcalinos y nitritos de metales alcalinotérreos, tiocianatos de metales alcalinos y tiocianatos de metales alcalinotérreos, haluros de metales alcalinos y haluros de metales alcalinotérreos, carbonatos de metales alcalinos, glicerol, derivados de glicerol, otras sales de aluminio, hidróxidos de aluminio, hidróxidos de metales alcalinos e hidróxidos de metales alcalinotérreos, silicatos de metales alcalinos y silicatos de metales alcalinotérreos, óxidos de metales alcalinos y óxidos de metales alcalinotérreos o sales de metales alcalinos y metales alcalinotérreos de ácido fórmico o mezclas de estos además del sulfato de aluminio.

En una composición aglutinante especialmente preferida, el acelerador comprende al menos el 90 % en peso, en particular al menos el 95 % en peso, de sulfato de hidrato de aluminio o es sulfato de hidrato de aluminio.

Un acelerador adecuado es Sigunit®-P10 AF, que se puede obtener de Sika Australia.

La composición aglutinante está preferentemente libre de aminoalcoholes. Los aminoalcoholes tienen un desagradable olor intenso, pueden ser perjudiciales para la salud y pueden llevar a un endurecimiento incontrolado de la composición aglutinante después de mezclar con agua.

El acelerador a base de sulfato de aluminio está presente preferentemente en una cantidad del 0,1 al 2 % en peso, con mayor preferencia del 0,3 al 1,5 % en peso, en particular del 0,4 al 1,0 % en peso, basado en el peso total de la mezcla de mortero seca.

Tal adición dosificada del acelerador lleva a un rápido desarrollo de la resistencia de la composición aglutinante que se ha mezclado con agua, sin limitar la procesabilidad para la operación de presión, en particular en combinación con éteres de policarboxilato.

La composición aglutinante comprende al menos un superplastificante a base de éter de policarboxilato. El al menos un éter de policarboxilato contiene grupos de ácido carboxílico en forma de grupos de ácido carboxílico libres, es decir no neutralizados, y/o en forma de sus sales de metales alcalinos y/o metales alcalinotérreos. Se da preferencia a los éteres de policarboxilato que no tienen
5 otros grupos aniónicos además de los grupos de ácido carboxílico.

Se prefieren además los éteres de policarboxilato cuyas cadenas laterales comprenden al menos 80 % en moles, preferentemente al menos 90 % en moles y con especial preferencia consisten 100 % en moles de unidades de etilenglicol.

10 Las cadenas laterales tienen preferentemente un peso molecular medio Mw en el rango de 500 a 10 000 g/mol, preferentemente de 800 a 8 000 g/mol, con especial preferencia de 1 000 a 5 000 g/mol. También es posible que estén presentes cadenas laterales con diferentes pesos moleculares en el éter de policarboxilato.

15 Se da especial preferencia a los éteres de policarboxilato que están constituidos por unidades de ácido metacrílico y/o ácido acrílico y metacrilatos o acrilatos de metilpolialquilenglicol. El al menos un éter de policarboxilato tiene preferentemente un peso molecular medio Mw de 8 000 a 200 000 g/mol, en particular de 10 000 a 100 000 g/mol, medido con respecto a un patrón de polietilenglicol.

20 Tales éteres de policarboxilato son particularmente adecuados para hacer posible una buena procesabilidad de la composición aglutinante, incluso con un bajo contenido de agua. Un bajo contenido de agua produce una alta resistencia de un cuerpo moldeado curado.

En combinación con el acelerador a base de sulfato de aluminio, tales éteres de policarboxilato tienen
25 un efecto particularmente bueno como agente para controlar la rigidez de la composición aglutinante acuosa.

El al menos un éter de policarboxilato se puede introducir como solución acuosa en la composición aglutinante, por ejemplo mediante pulverización sobre los rellenos antes de mezclar con el aglutinante
30 mineral.

El al menos un éter de policarboxilato está presente preferentemente como polvo de polímero en la composición aglutinante seca.

En una modalidad preferida de la invención, el al menos un éter de policarboxilato tiene una estructura de bloque o en gradiente. En el presente documento, un "éter de policarboxilato que tiene una estructura de bloque o en gradiente" es un polímero en el que las unidades de monómero están presentes en una secuencia no aleatoria, es decir la secuencia no se obtiene de manera coincidente.

- 5 En el éter de policarboxilato que tiene una estructura de bloque o en gradiente, al menos una sección comprende unidades de monómero que comprenden cadenas laterales de polialquilenglicol y ninguna o casi ninguna unidad de monómero que tenga grupos carboxilato y al menos una sección comprende unidades de monómero que tienen grupos carboxilato y ninguna o casi ninguna unidad de monómero que tienen cadenas laterales de polialquilenglicol. Por lo tanto, tales polímeros de bloques o en
10 gradiente tienen secciones que tienen una alta densidad de grupos aniónicos y secciones que no contienen o contienen solo algunos grupos aniónicos.

- Los éteres de policarboxilato que tienen una estructura de bloque o en gradiente desarrollan sorprendentemente su acción como plastificante muy rápidamente. Por lo tanto, son particularmente
15 adecuados para usos en los que el tiempo de mezcla de la composición aglutinante y el agua es muy corto, en particular para el mezclado continuo.

- Además, los éteres de policarboxilato que tienen una estructura de bloque o en gradiente dan como resultado una baja viscosidad de la composición aglutinante. Esto mejora la capacidad de bombeo.
20 Asimismo, sorprendentemente, el efecto plastificante de los éteres de policarboxilato que tienen una estructura de bloque o en gradiente persiste solo durante unos pocos minutos en las composiciones aglutinantes de la invención, lo cual es ventajoso para la impresión 3D porque permite una buena procesabilidad de la composición aglutinante acuosa inmediatamente después de la mezcla y se debe lograr una buena resistencia al escurrimiento después de la aplicación.

- 25 El al menos un éter de policarboxilato está presente preferentemente en una cantidad del 0,02 al 5 % en peso, preferentemente del 0,05 al 4 % en peso, en particular del 0,1 al 3 % en peso, calculado como polímero seco y basado en el peso total de la composición aglutinante seca.

- 30 La adición dosificada del al menos un éter de policarboxilato en la composición aglutinante se adapta ventajosamente a la tarea de impresión respectiva. Así, los parámetros de impresión tales como, normalmente, la altura deseada del cuerpo moldeado, el espesor de las capas aplicadas, la velocidad de impresión y la temperatura ambiente esperada se miden ventajosamente antes de imprimir y la

cantidad óptima del éter de policarboxilato en la composición aglutinante se determina posteriormente mediante valores basados en la experiencia, tablas y/o un programa informático.

5 La cantidad total de éter de policarboxilato se proporciona ventajosamente en la composición aglutinante seca.

10 Sin embargo, también puede ser ventajoso, particularmente en el caso de que se usen pequeñas cantidades y/o cuando los parámetros de impresión sean variables, especialmente debido a fluctuaciones de temperatura, tiempos de retraso o etapas de fabricación adicionales durante el moldeado, que solo una parte del éter de policarboxilato esté presente en la composición aglutinante seca y una parte adicional, en cada caso adaptada a las condiciones de impresión predominantes, se añada durante o después de mezclar con agua.

15 La otra parte del éter de policarboxilato se añade ventajosamente junto con el agua de mezcla en un proceso de mezcla continuo.

20 De esta manera, la composición aglutinante se puede producir en una gran cantidad, lo cual es ventajoso, y la adaptación a las condiciones de impresión respectivas se efectúa de forma sencilla y económica en la obra.

La composición aglutinante contiene preferentemente al menos un auxiliar reológico orgánico y/o inorgánico.

25 Los auxiliares reológicos adecuados son, en particular, almidones modificados, amilopectina, celulosa modificada, polisacáridos microbianos, galactomananos, alginatos, tragacanto, polidextrosa, superabsorbentes o espesantes minerales.

El auxiliar reológico se selecciona preferentemente del grupo que consiste en almidones modificados, celulosas modificadas, polisacáridos microbianos, superabsorbentes y espesantes minerales.

30 La cantidad total de auxiliares reológicos es preferentemente del 0,01 a 5 % en peso, basado en el peso total de la composición aglutinante seca.

El almidón modificado es preferentemente un éter de almidón, en particular almidón de hidroxipropilo, almidón de carboximetilo o almidón de carboximetilhidroxipropilo. El almidón modificado está presente

preferentemente en una cantidad del 0,01 al 2 % en peso, basado en el peso total de la composición aglutinante seca.

La celulosa modificada es preferentemente metilcelulosa, etilcelulosa, hidroximetilcelulosa, hidroxietilcelulosa o metilhidroxietilcelulosa y está presente preferentemente en una cantidad de 0,01 a 2 % en peso, basado en el peso total de la composición aglutinante seca.

El polisacárido microbiano es preferentemente goma welan, goma xantano o goma diutano y está presente preferentemente en una cantidad de 0,01 a 0,1 % en peso, basado en el peso total de la composición aglutinante seca.

El superabsorbente se selecciona preferentemente del grupo que consiste en poliacrilamida, poliacrilonitrilo, alcohol polivinílico, copolímeros de isobutileno-anhídrido maleico, polivinilpirrolidona, homopolímeros y copolímeros de ácidos carboxílicos monoetilénicamente insaturados tales como ácido (met)acrílico, ácido crotónico, ácido sórbico, ácido maleico, ácido fumárico, ácido itacónico, preferentemente ácido poliacrílico, que puede estar parcial o completamente neutralizado, y copolímeros y terpolímeros de los ácidos carboxílicos monoetilénicamente insaturados mencionados anteriormente con ácido vinilsulfónico, ácidos (met)acrilamidoalquilsulfónico, ácido alilsulfónico, ácido viniltoluensulfónico, ácido vinilfosfónico, (met)acrilamida, (met)acrilamida N-alquilada, N-metilol(met)acrilamida, N-vinilformamida, N-vinilacetamida, vinilpirrolidona, hidroxialquil(met)acrilato, acrilato de etilo, acrilato de metilo, ésteres (met)acrílicos de éteres monoalílicos de polietilenglicol, acetato de vinilo y/o estireno.

Los homopolímeros y copolímeros superabsorbentes pueden ser lineales o ramificados, y los copolímeros pueden estar presentes como copolímeros aleatorios o como polímeros de bloques o en gradiente. Preferentemente, los homopolímeros y copolímeros están reticulados adicionalmente.

El superabsorbente es preferentemente ácido poliacrílico que puede estar parcial o completamente neutralizado y reticulado.

Si está presente, el superabsorbente está presente preferentemente en una cantidad del 0,01 al 0,5 % en peso, en particular del 0,05 al 0,3 % en peso, basado en el peso total de la composición aglutinante seca.

Como espesantes minerales, es posible usar, por ejemplo, silicatos específicos o minerales arcillosos. Se da preferencia a las bentonitas y sepiolita. El espesante mineral está presente preferentemente en una cantidad del 0,1 al 1 % en peso, basado en el peso total de la composición aglutinante seca.

- 5 La composición aglutinante contiene preferentemente al menos dos, con mayor preferencia al menos tres, auxiliares reológicos diferentes.

10 El auxiliar reológico es particularmente adecuado para asegurar la estabilidad dimensional de la composición aglutinante que contiene agua y dar a una capa aplicada suficiente resistencia al escurrimiento para soportar una o más capas adicionales, sin cambiar su forma significativamente, antes de que comience la hidratación del cemento.

Las combinaciones preferidas de dos o más auxiliares reológicos son:

- 15 - celulosa modificada y polisacárido microbiano;
- celulosa modificada y superabsorbente;
- polisacárido microbiano y superabsorbente;
- polisacárido microbiano, superabsorbente y espesante mineral;
- celulosa modificada, polisacárido microbiano y superabsorbente;
- celulosa modificada, polisacárido microbiano, superabsorbente y espesante mineral.

20 La combinación de dos o más auxiliares reológicos permite que se adapten de forma óptima entre sí diferentes propiedades espesantes de los auxiliares reológicos. Esto da lugar a una buena procesabilidad con una buena resistencia al escurrimiento de la composición aglutinante que contiene agua.

25 Se da especial preferencia a una combinación de auxiliares reológicos que comprende al menos un superabsorbente.

30 El superabsorbente actúa además como agente para reducir la contracción, lo que es particularmente ventajoso.

Se da preferencia a la composición aglutinante que contiene adicionalmente de 0,1 a 5 % en peso, preferentemente de 0,5 a 3 % en peso, de sulfoaluminato de calcio, basado en el peso total de la composición aglutinante seca.

El sulfoaluminato de calcio puede, especialmente en la cantidad preferida, aumentar en primer lugar el desarrollo temprano de la resistencia de la composición aglutinante acuosa y al mismo tiempo reducir la contracción.

- 5 Un mayor contenido de sulfoaluminato de calcio en la composición aglutinante puede reducir la resistencia final de un cuerpo moldeado impreso y aumenta los costes de la composición.

10 Sorprendentemente, la contracción de la composición aglutinante después de la aplicación puede reducirse en gran medida mediante la combinación específica de sulfoaluminato de calcio y auxiliar reológico. La contracción puede llevar a la formación de grietas en el cuerpo moldeado producido. Las grietas pueden reducir la durabilidad de las estructuras impresas y afectar desfavorablemente el aspecto visual.

De manera particularmente ventajosa, el sulfoaluminato de calcio es un cemento de sulfoaluminato de calcio.

15 La composición aglutinante también contiene ventajosamente al menos un aditivo adicional para reducir la contracción seleccionado del grupo que consiste en glicoles, poliglicoles y materiales que almacenan agua, en particular piedras porosas, ladrillos molidos y/o cuerpos de cemento fraguado en grupo.

20 La composición aglutinante también contiene preferentemente al menos un antiespumante, en particular seleccionado del grupo que consiste en antiespumantes a base de aceite, en particular antiespumantes a base de aceite mineral, aceite vegetal o aceite blanco, que puede contener una cera y/o sílice hidrófoba, antiespumantes a base de silicona que pueden, por ejemplo, modificarse por

25 alcoxilación o fluoración, ésteres de alquilo de ácido fosfórico o fosfónico, polioles alcoxilados, en particular dioles etoxilados, antiespumantes a base de ácidos grasos, en particular monoglicéridos y diglicéridos de ácidos grasos, y alcoholes grasos alcoxilados y mezclas de estos.

El antiespumante se selecciona preferentemente del grupo que comprende 2,4,7,9-tetrametil-5-decino-4,7-diol etoxilado, una combinación de alcoxilatos de alcohol graso y polisiloxano y una combinación

30 de aceite mineral y una sílice hidrófoba que contiene aceite de silicona.

El antiespumante está presente preferentemente en una cantidad del 0,01 al 1 % en peso, en particular del 0,1 al 0,8 % en peso, basado en el peso total de la composición aglutinante seca.

El uso de un antiespumante es ventajoso porque de ese modo se previene o reduce la formación de poros de aire durante la mezcla de la composición aglutinante seca con agua. Los poros de aire pueden interferir en el transporte de la composición aglutinante que contiene agua al cabezal de impresión y reducir la resistencia en el cuerpo moldeado curado, y los poros también afectan desfavorablemente el aspecto visual de los cuerpos moldeados.

Sorprendentemente, el antiespumante provoca además una reducción de la contracción y por tanto de la formación de grietas en el cuerpo moldeado curado.

La composición aglutinante mineral también puede contener opcionalmente al menos un aditivo adicional, por ejemplo una mezcla de hormigón y/o una mezcla de mortero. El al menos un aditivo adicional comprende, en particular, un plastificante, un retardador, un antiespumante, un agente humectante, fibras, un colorante, un conservante, un acelerador adicional, un polímero de dispersión, un polímero catiónico, un policondensado catiónico, un polímero de peine catiónico, un formador de poros de aire, un reductor de contracción adicional o un inhibidor de corrosión o combinaciones de estos.

El plastificante es en particular gluconato de sodio, un lignosulfonato, un condensado de naftaleno-formaldehído sulfonado, un condensado de melamina-formaldehído sulfonado, un copolímero de vinilo sulfonado, un polialquilenglicol con grupos fosfonato, un polialquilenglicol con grupos fosfato o un condensado aromático con grupos fosfonato y cadenas de polialquilenglicol.

El uso de retardadores de curado puede ser ventajoso, ya que de este modo aumenta el tiempo de procesamiento de la composición aglutinante que contiene agua. El retardador de curado es preferentemente un ácido hidroxycarbónico, en particular ácido tartárico, ácido cítrico o ácido glucónico, un azúcar, en particular sacarosa, un fosfato o un fosfonato, o sus sales o mezclas de estos.

Una composición aglutinante preferida comprende o consiste en:

- del 10 al 50 % en peso, preferentemente del 12 al 40 % en peso, en particular del 15 al 35 % en peso, de cemento, en particular cemento Portland,
- de 0,1 a 5 % en peso, preferentemente de 0,5 a 3 % en peso, de sulfoaluminato de calcio,
- de 0 a 10 % en peso, preferentemente de 0,1 a 5 % en peso, de aglutinantes hidráulicos latentes, en particular metacaolín y/o polvo de sílice,

- del 45 al 85 % en peso, preferentemente del 50 al 80 % en peso, de rellenos minerales,
- del 0,1 a 2 % en peso de al menos un acelerador a base de sulfato de aluminio,
- del 0,02 al 5 % en peso de al menos un éter de policarboxilato,
- del 0,01 al 2 % en peso de al menos un auxiliar reológico,
- 5 - del 0,01 al 1 % en peso de al menos un antiespumante y
- de 0 a 10 % en peso de otros aditivos,

basado en el peso total de la composición aglutinante seca.

10 La adición dosificada del acelerador y del éter de policarboxilato se efectúa preferentemente en una cantidad tal que una composición aglutinante que se ha mezclado con agua permanece fácilmente moldeable durante varios segundos a algunos minutos. Como resultado, las capas se pueden aplicar de forma homogénea, con una buena cohesión y la superficie del cuerpo moldeado producido puede, si se desea, someterse a un tratamiento posterior, por ejemplo alisarse.

15 La mezcla de la composición aglutinante mineral seca con de 10 a 25 % en peso, preferentemente de 12 a 22 % en peso, con mayor preferencia de 14 a 20 % en peso, de agua y opcionalmente de 0,01 a 2 % en peso de éter de policarboxilato, basado en el peso total de la composición aglutinante seca, da una composición aglutinante mineral que contiene agua en el estado de fraguado que es óptimo para el proceso.

20

La mezcla con agua se lleva a cabo preferentemente en un mezclador continuo.

Esto asegura una velocidad alta de fabricación. Además, no debe desecharse ningún material que ya se haya mezclado en un aparato de mezcla discontinuo en caso de una posible interrupción.

25 El desarrollo de resistencia de la composición aglutinante que contiene agua se determina ventajosamente antes de la aplicación. Esto ayuda a poder establecer los parámetros de impresión y/o adaptar la composición aglutinante, en particular el contenido de éter de policarboxilato en la composición aglutinante seca y/o que contiene agua.

30 El fraguado de la composición aglutinante que contiene agua comienza ventajosamente después de aproximadamente 10 minutos a 1 hora, y el fraguado finaliza después de un tiempo de aproximadamente 30 minutos a 3 horas, medido según DIN EN 196-3 a 20 °C usando un aparato automático Vicat.

La composición aglutinante alcanza ventajosamente una resistencia de al menos 0,05 MPa, preferentemente al menos 0,08 MPa, en particular al menos 0,1 MPa, después de 1 hora después de la aplicación, y al menos 0,5 MPa, en particular 1 MPa, después de 3 horas, preferentemente 2 horas. La resistencia se puede determinar mediante un método de penetración, por ejemplo, como se describe en ASTM C 403.

Tal desarrollo de la resistencia de la composición aglutinante que contiene agua es particularmente ventajoso para la producción eficiente y homogénea de cuerpos moldeados.

Los cuerpos moldeados se pueden fabricar sorprendentemente rápido mediante aplicación en capas usando el proceso de la invención, en particular en combinación con la composición aglutinante mineral seca descrita anteriormente.

La velocidad de impresión, es decir la velocidad del movimiento horizontal del cabezal de impresión, es preferentemente de al menos 20 mm por segundo, preferentemente de al menos 50 mm por segundo, en particular de al menos 100 mm por segundo, y puede ser de hasta 500 mm por segundo y más.

La velocidad de impresión vertical depende de la dimensión horizontal del cuerpo moldeado y del espesor de las capas individuales aplicadas. El tiempo entre la aplicación de la capa más inferior y la siguiente capa superior está preferentemente en el rango de aproximadamente 1 segundo a aproximadamente 30 minutos, en particular de 10 segundos a 10 minutos.

Un aspecto adicional de la presente invención es un cuerpo moldeado que se puede obtener o se obtiene mediante un proceso como se describe anteriormente. En particular, el cuerpo moldeado se produce usando una composición aglutinante mineral como material de construcción curable, de manera particularmente preferente usando una composición aglutinante mineral seca como se describe anteriormente.

La altura de una capa individual del cuerpo moldeado, normalmente en una dirección esencialmente perpendicular a los planos formados por capas individuales, especialmente en la dirección vertical, es preferentemente de 0,2 mm a 200 mm, con mayor preferencia de 1 mm a 100 mm, en particular de 2 mm a 50 mm.

La altura total del cuerpo moldeado o el espesor de todas las capas individuales del cuerpo moldeado juntas es preferentemente de 0,01 m a 100 m o más, con mayor preferencia de 0,1 m a 80 m, incluso con mayor preferencia de 0,3 m a 30 m, en particular de 0,5 m a 10 m.

- 5 El cuerpo moldeado tiene preferentemente una altura de al menos 0,5 m, con mayor preferencia al menos 1 m, especialmente al menos 1,5 m o 2 m.

- 10 La superficie del cuerpo moldeado puede, siempre que sea viable, alisarse, repararse o moldearse específicamente con el uso de las herramientas adecuadas. Esto se puede llevar a cabo como parte de la fabricación mecánica, o manualmente como una etapa separada. La superficie también puede estar provista de un revestimiento funcional o decorativo, por ejemplo con una pintura.

- 15 El cuerpo moldeado también puede, siempre que sea viable, cortarse por medio de herramientas adecuadas. De esta manera, se pueden introducir en el cuerpo moldeado agujeros, en particular para aberturas de ventanas, aberturas de puertas, pasantes o bien cortes, en particular para etapas de procesamiento posteriores.

- 20 El producto moldeado producido por el proceso de la invención puede tener virtualmente cualquier forma deseada. El cuerpo moldeado es, por ejemplo, una construcción de edificio, una parte terminada para la construcción de un edificio, un componente, una estructura de mampostería, un puente, una columna, un elemento decorativo, por ejemplo, colinas artificiales, arrecifes o esculturas, una cuenca, un pozo o una tina. Aquí, el cuerpo moldeado puede ser un cuerpo sólido o un molde hueco, con o sin fondo.

- 25 Los detalles y ventajas de la invención se describirán a continuación con la ayuda de ejemplos de trabajo y con referencia a dibujos esquemáticos.

Breve descripción de las figuras

- 30 Las figuras muestran:

Figura 1 una representación esquemática de un sistema ilustrativo para la aplicación de un material de construcción;

Figura 2 una representación esquemática de un mezclador ilustrativo;

Figura 3 una representación esquemática de un módulo de eje y un módulo de tambor ilustrativos de un módulo de cámara de mezcla;

5

Figura 4 una representación esquemática de un proceso de aplicación según la invención.

Ejemplos de trabajo

10 La Figura 1 representa esquemáticamente un sistema ilustrativo 1 para llevar a cabo un proceso de acuerdo con la invención para la aplicación de un material de construcción curable.

El sistema 1 comprende un dispositivo de movimiento 2 que tiene un brazo móvil 2.1. En el extremo libre del brazo 2.1, hay un cabezal de impresión 3 que se puede mover en las tres direcciones en el espacio por medio del brazo 2.1. De esta manera, el cabezal de impresión 3 se puede mover a cualquier posición en el rango de trabajo del dispositivo de movimiento 2.

El cabezal de impresión 3 tiene, en su interior, un pasaje 3.1 tubular para transportar material de construcción curable que va desde la cara de extremo orientada al brazo 2.1 (en la parte superior en la Figura 1) hasta la cara de extremo opuesto y libre. En el extremo libre, el pasaje 3.1 desemboca en una salida controlable 4 en forma de una boquilla que se puede abrir y cerrar continuamente.

Una boquilla de entrada 5 para la adición de un aditivo se abre lateralmente en el pasaje 3.1 en una región orientada al brazo 2.1. Si se requiere, puede añadirse una mezcla, por ejemplo un auxiliar reológico, por medio de la boquilla de entrada 5 al material de construcción curable que se mueve a través del pasaje 3.1.

Además, un mezclador estático 6 que mezcla adicionalmente el material de construcción curable y el aditivo mientras pasa a través del pasaje 3.1 está dispuesto en el pasaje 3.1 en el interior del cabezal de impresión 3 aguas abajo de la boquilla de entrada.

Además, en la región de la salida controlable 4 está dispuesta una unidad de medición 8 para determinar la presión en el pasaje 3.1 tubular. La velocidad de exploración de la unidad de medición 8 es, por ejemplo, 10 Hz.

Además, un dispositivo 7 para desairear el material de construcción curable está instalado en el cabezal de impresión 3. El dispositivo está configurado como dispositivo de tratamiento por vacío y permite reducir la proporción de aire en el material de construcción curable. Para ello, una sección de la pared del pasaje 3.1 puede, por ejemplo, configurarse como membrana permeable a los gases, de modo que se extraiga aire del material de construcción curable cuando se aplica una presión subatmosférica fuera del pasaje 3.1.

Este sistema 1 para la aplicación de un material de construcción curable tiene además un dispositivo de alimentación 9 que comunica en el lado de entrada con tres recipientes 11.1, 11.2, 11.3 y un depósito de mezcla 11.4. Un componente del material de construcción curable está presente en cada uno de los tres recipientes 11.1, 11.2, 11.3. El primer componente, que está presente en el primer recipiente 11.1, es una composición aglutinante mineral seca (para detalles de la composición, ver más atrás). El segundo componente, que está presente en el segundo recipiente 11.2, consiste, por ejemplo, en agua. El tercer componente presente en el tercer recipiente 11.3 es, por ejemplo, un plastificante en forma de un éter de policarboxilato. En el depósito de mezcla 11.4 hay, por ejemplo, un auxiliar reológico en forma de celulosa modificada y/o un polisacárido microbiano.

En el lado de la salida, el dispositivo de alimentación 9 tiene tres salidas separadas que están conectadas en cada caso a una de las tres entradas 10.1, 10.2, 10.3 de un aparato de mezcla 10. El dispositivo de alimentación 9 tiene además dispositivos dosificadores controlables individualmente (no mostrados en la Figura 1), de modo que los componentes individuales en los recipientes individuales 11.1, 11.2, 11.3 pueden dosificarse individualmente en el aparato de mezcla 10.

Otra salida del dispositivo de alimentación está conectada a la boquilla de entrada 5 (no mostrada en la Figura 1), de modo que la mezcla puede transportarse desde el depósito de mezcla 11.4 a la boquilla de entrada 5 a través de otro dispositivo dosificador del dispositivo de alimentación 9.

El aparato de mezcla 10 está configurado como mezclador dinámico y comprende, además de esto, un dispositivo de transporte integrado en forma de un transportador de tornillo. En el aparato de mezcla, los componentes que se han dosificado individualmente se mezclan entre sí y se transportan al conducto flexible 12 instalado en el aparato de mezcla en el lado de salida. En funcionamiento, la mezcla y el transporte del material de construcción curable se pueden llevar a cabo de forma continua.

El material de construcción curable se puede transportar a través del conducto flexible 12, que se abre en la cara de extremo del cabezal de impresión orientado al brazo 2.1 en el pasaje 3.1 tubular, en el cabezal de impresión 3 y se aplica continuamente a través de la salida controlable 4.

- 5 Otro constituyente del sistema 1 es una unidad de medición 13 que está integrada en el conducto de transporte 12 en la región entre el aparato de mezcla 10 y el cabezal de impresión 3. La unidad de medición comprende, por ejemplo, un transductor ultrasónico que está configurado para determinar las propiedades de flujo del material curable. La velocidad de exploración de la unidad de medición 13 es, por ejemplo, 10 Hz.

10

Una unidad de control 14 central del sistema 1 comprende un procesador, una unidad de memoria y una pluralidad de interfaces para recibir datos y una pluralidad de interfaces para controlar componentes individuales del sistema 1.

- 15 El aparato de mezcla 10 está conectado a través de una primera línea de control 15a a la unidad de control 14, mientras que el dispositivo de alimentación está conectado a través de una segunda línea de control 15b a la unidad de control 14. De esta manera, los componentes individuales en los recipientes 11.1, 11.2, 11.3 pueden dosificarse en el aparato de mezcla 10 por medio de la unidad de control central según las formulaciones prescritas almacenadas en la unidad de control y transportarse a velocidades de transporte ajustables al conducto flexible 12.

20

La salida controlable 4, la boquilla de entrada 5 y el dispositivo 7 para la desaireación del material de construcción curable en el cabezal de impresión están conectados igualmente a través de una línea de control separada 15c, 15d, 15e a la unidad de control 14 y pueden ser controlados o monitoreados por este último.

25

El dispositivo de movimiento 2 también está conectado a la unidad de control 14 a través de otra línea de control 15g. De esta manera, el movimiento del cabezal de impresión 3 puede ser controlado por la unidad de control 14.

30

La unidad de medición 8 está conectada por una línea de datos 15h a la unidad de control 14 de modo que los datos de impresión medidos en la unidad de medición se puedan transmitir a la unidad de control 14.

De manera análoga, la unidad de medición 13 está conectada por una línea de datos 15f a la unidad de control 14 de modo que los datos que caracterizan las propiedades del flujo y han sido medidos en la unidad de medición pueden transmitirse a la unidad de control 14.

5 La unidad de control 14 está, por ejemplo, programada de modo que:

- 10 (i) las velocidades de adición de los tres componentes del material de construcción curable se controlan por medio del dispositivo de alimentación 9 en función de las propiedades de flujo del material de construcción curable en el conducto flexible determinadas por medio de la unidad de medición 13;
- (ii) el dispositivo de transporte integrado en el aparato de mezcla 10 se controla en función de la presión 8 determinada por medio de la unidad de medición 8 y también de la estructura del objeto a producir usando el material de construcción curable;
- 15 (iii) la velocidad de adición de la mezcla a través de la boquilla de entrada 5 se controla en función de las propiedades de flujo del material de construcción curable determinadas por medio de la unidad de medición 13 y también la estructura del objeto a producir;
- 20 (iv) el grado de desaireación del material de construcción curable en el dispositivo 7 se controla en función de las propiedades de flujo del material de construcción curable determinadas por medio de la unidad de medición 13;
- 25 (v) el dispositivo de movimiento 2 y por tanto la posición del cabezal de impresión 3 se controla en función de un modelo del objeto a producir almacenado en el almacén de datos de la unidad de control 14.

La composición aglutinante mineral seca usada como primer componente tiene, por ejemplo, la composición descrita en la Tabla 1.

30

Tabla 1: Composición de la composición aglutinante seca

Componente	% en peso en la composición aglutinante
Cemento CEM I 52.5	25
Metacaolín	4,5

Betoflow® D	5
Nekafill® 15	20
Arena 0-1 mm	42
Denka CSA #20	2
ViscoCrete®-225P de Sika®	0,25
Carbowet® 4000	0,5
Celulosa modificada	0,05
Espesante inorgánico	0,1
Superabsorbente	0,1
Sulfato de aluminio	0,5

Se usaron los siguientes materiales:

- El sulfato de aluminio es $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$, que se puede obtener de Merck, Suiza.

5

- Betoflow® D es un polvo de carbonato de calcio fino que tiene un tamaño de partícula de 1-5 μm , que se puede obtener de Omya.

- Nekafill® 15 es una piedra caliza molida, que se puede obtener de Kalkfabrik Netstal.

10

- ViscoCrete®-225P de Sika® es un superplastificante pulverulento a base de un éter de policarboxilato, que se puede obtener de Sika.

- Carbowet® 4000 es un antiespumante, que se puede obtener de Air Products Chemicals Europe.

15

- Denka CSA #20 es un reductor de contracción a base de cemento de sulfoaluminato de calcio, que se puede obtener de Newchem, Suiza.

La Figura 2 representa una modalidad ilustrativa del aparato de mezcla 10 de la Figura 1. El aparato de mezcla 10 comprende un accionamiento 20, un tambor 21, un cierre proximal 22, un cierre distal 23, una salida 24, una primera entrada 10.1, una segunda entrada 10.2, una tercera entrada 10.3 y un dispositivo de soporte 25.

20

En este ejemplo de trabajo, el cierre distal 23 se une a través del dispositivo de soporte 25 al accionamiento 20, de modo que un eje agitador (no visible en esta imagen) puede montarse sobre cojinetes tanto en el cierre proximal 22 como en el cierre distal 23.

5

Cuando se usa el aparato de mezcla 10, el primer componente se alimenta, por ejemplo, a través de la primera entrada 10.1, el segundo componente se alimenta a través de la segunda entrada 10.2 y el tercer componente se alimenta a través de la tercera entrada 10.3.

10 La Figura 3 muestra el aparato de mezcla 10 sin el módulo de accionamiento 20 en un estado desmontado. En este ejemplo de trabajo, el aparato de mezcla 10 comprende un módulo de eje 26 y un módulo de tambor 27.

15 El módulo de eje 26 comprende un elemento de acoplamiento 28 para el acoplamiento mecánico a la unidad de accionamiento 20, el cierre proximal 22, un eje agitador 29 y un elemento de transporte 30.

20 En este ejemplo de trabajo, el módulo de tambor 27 comprende un tambor 31 tubular de una pieza y también un cierre distal 23. El tambor 31 tiene una primera entrada 10.1, una segunda entrada 10.2 y una tercera entrada, 10.3, todas dispuestas en una primera región de extremo del tambor 31. La salida 24 está dispuesta en una segunda región de extremo del tambor 31.

25 El cierre distal 23 tiene, en este ejemplo de trabajo, una placa de sacrificio 32 que está dispuesta en un lado del cierre distal 23 que está orientado hacia el tambor 31. La placa de sacrificio 32 se desgasta durante el funcionamiento del sistema y se puede reemplazar cuando sea necesario. Esto permite usar el cierre distal 23 durante un período de tiempo más largo.

30 En este ejemplo de trabajo, el elemento de transporte 30 está configurado como tornillo de transporte. Aquí, el elemento de transporte 30 está dispuesto de manera que se pueda enchufar en el eje del agitador 29. Además, el elemento de transporte 30 está asegurado al eje agitador 29 mediante un elemento de traba (no visible en esta imagen).

En la región del módulo de eje 26, los pasadores 33 que sobresalen radialmente del eje del agitador 29 están unidos adicionalmente como elementos de agitación (solo se muestra un único pasador en la Figura 3).

La Figura 4 muestra un proceso según la invención. En una primera etapa 41, la composición aglutinante mineral seca de la Tabla 1 (ver arriba) se proporciona como primer componente en el recipiente 11.1. Se coloca agua como segundo componente en el recipiente 11.2 y se coloca un plastificante como tercer componente en el recipiente 11.3.

Luego, en la segunda etapa 42, los componentes se introducen continuamente por medio del dispositivo de alimentación 9 en el aparato de mezcla 10 y se mezclan entre sí en la siguiente etapa 43 para dar una composición aglutinante mineral mezclada con agua. La composición aglutinante seca que tiene la composición indicada en la Tabla 1 se mezcla en el aparato de mezcla 10 con una cantidad de agua tal que se obtenga una relación en peso de agua a la composición aglutinante seca de aproximadamente 0,16. El plastificante se dosifica en una cantidad tal que se alcanza un límite de elasticidad prescrito. La composición aglutinante mineral que se ha mezclado con agua corresponde a un material de construcción curable en el estado de fraguado.

La composición aglutinante que se ha mezclado con agua se alimenta a continuación, en la cuarta etapa 44, por medio del transportador de tornillo integrado en el aparato de mezcla 10 a través del conducto de transporte 12 al cabezal de impresión 3.

Durante la alimentación al cabezal de impresión 3, en la etapa 45, se añade una mezcla en forma de un auxiliar reológico, por ejemplo una celulosa modificada y/o un polisacárido microbiano, de manera dosificada a través de la boquilla de entrada 5 a la composición aglutinante confeccionada en función de las propiedades de flujo de la composición aglutinante determinada por medio de la unidad de medición 13 y/o la composición aglutinante se desairea por medio del dispositivo 7. Las propiedades químicas y/o físicas se adaptan así cuando se requiere que se cumplan los valores previstos prescritos para las propiedades de flujo.

La aplicación en capas de la composición aglutinante a través de la salida 4 del cabezal de impresión se lleva a cabo posteriormente en la etapa 46, para producir el objeto a fabricar.

Todas las etapas del proceso 40 incluido el control del cabezal de impresión se controlan y monitorean por medio de la unidad de control 14.

5 Específicamente, se produjo como ejemplo un tubo que tenía una altura de 2 m y un diámetro de aproximadamente 600 mm. Las capas individuales aplicadas tenían una anchura de aproximadamente 30 mm y una altura de aproximadamente 10 mm. La velocidad horizontal del cabezal de impresión fue de aproximadamente 40 mm por segundo. La impresión del cuerpo moldeado llevó 2 horas y 40 minutos. La altura de las capas inferiores y de las capas superiores difería en no más del 5 %. El cuerpo moldeado impreso tenía una superficie ondulada muy uniforme sin defectos visibles. Incluso después del almacenamiento durante 3 días a 25 °C y aproximadamente un 40 % de humedad atmosférica relativa, el cuerpo moldeado no mostró grietas visibles. Aproximadamente 16 horas después de la aplicación de la última capa, el cuerpo hueco se levantó con la ayuda de correas de transporte y una grúa sobre un palé de transporte sin que se produjeran daños al cuerpo moldeado impreso.

15 Después de aproximadamente 4 días, el cuerpo moldeado se destruyó por medio de un martillo pesado y los fragmentos se analizaron visualmente. Las superficies de fractura tenían una superficie uniforme, sin inclusiones de aire ni defectos. Las superficies de fractura no mostraron ninguna orientación preferencial, es decir las capas aplicadas tenían una unión igualmente buena entre sí como dentro de la misma capa.

20 Las modalidades descritas anteriormente deben interpretarse simplemente como ejemplos ilustrativos que pueden modificarse según se desee dentro del alcance de la invención.

Así, por ejemplo, se puede omitir el mezclador estático 6, de modo que no esté presente ni un mezclador estático ni un mezclador dinámico en el cabezal de impresión.

25 Además o en lugar del dispositivo de transporte integrado en el aparato de mezcla 10, se pueden proporcionar uno o más dispositivos de transporte adicionales en el conducto de transporte 12 y/o en el cabezal de impresión 3. También es posible que estén presentes dispositivos de transporte distintos de los tornillos de transporte.

30 También es posible disponer de otras unidades de medición que permitan, por ejemplo, medir la temperatura en lugar o además de las unidades de medición 8, 13 en la región del cabezal de impresión 3 y/o en el conducto de transporte 12. También es concebible que la unidad de medición 13 en el conducto de transporte se omita por completo o se integre en el cabezal de impresión.

El aparato de mezcla 10 también puede tener menos o más entradas, de modo que se puedan dosificar componentes adicionales que están presentes en recipientes adicionales.

5 En lugar de uno o más de los recipientes 11.1, 11.2, 11.3, también es posible que estén presentes conexiones a fuentes externas, por ejemplo una conexión de agua.

También es posible programar la unidad de control de manera diferente, por ejemplo de modo que se tenga en cuenta un flujo volumétrico a través del conducto de transporte 12 y/o el cabezal de impresión 3.

Lista de numerales de referencia

	1	Sistema
	2	Dispositivo de movimiento
5	2.1	Brazo móvil
	3	Cabezal de impresión
	3.1	Pasaje
	4	Salida controlable
	5	Boquilla de entrada
10	6	Mezclador estático
	7	Dispositivo de desaireación
	8	Unidad de medición de presión
	9	Dispositivo de alimentación
	10	aparato de mezcla
15	10.1	Primera entrada
	10,2	segunda entrada
	10.3	Tercera entrada
	11.1	Primer recipiente
	11.2	Segundo recipiente
20	11.3	Tercer recipiente
	11.4	Depósito de mezcla
	12	Conducto flexible
	13	Unidad de medición con transductor ultrasónico
	14	Unidad de control
25	15a..h	Líneas de control y de datos
	20	Accionamiento
	21	Tambor
	22	Cierre proximal
	23	Cierre distal
30	24	Salida
	25	Dispositivo de soporte
	26	Módulo de eje
	27	Módulo de tambor
	28	Elemento de acoplamiento

	29	Eje agitador
	30	Elemento de transporte
	31	Tambor
	32	Placa de sacrificio
5	33	Pasadores (elementos de agitación)
	40	Proceso de aplicación
	41..46	Etapas del proceso