# Sistema de aplicación de un material de construcción

## Campo Técnico

La invención se refiere a un sistema para la aplicación de un material de construcción y al uso del sistema para producir objetos tridimensionales a partir de materiales de construcción curables, en particular a partir de aglutinantes minerales o composiciones aglutinantes minerales, en particular de composiciones de hormigón y/o de mortero.

## Técnica previa

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 tridimensional dirigida, aplicación y/o solidificación del material.

La deposición, aplicación y/o solidificación del material se lleva a cabo, 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 típicamente a partir de una o más capas. Para fabricar un objeto, es habitual emplear un material sin forma (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".

En el sector de la construcción, también se ha intentado durante algún tiempo producir componentes de construcción geométricamente complicados, 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 describe 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 material de construcción.

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 aglutinantes minerales en el estado procesable, tanto durante el proceso de curado como también en el estado curado, están fuertemente influenciadas por las condiciones ambientales y el aparato en el producción y aplicación.

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.

Los sistemas conocidos hasta ahora para la producción generativa de objetos a partir de materiales de construcción curables no son completamente convincentes o son complejos en términos de construcción y funcionamiento.

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

**Breve descripción de la invención**

Por lo tanto, la presente invención aborda el problema de proporcionar sistemas mejorados para la producción generativa de cuerpos moldeados. Los sistemas deberían permitir, en particular, una producción eficiente, 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.

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

Como se ha descubierto, se pueden producir objetos a partir de materiales de construcción curables, por ejemplo a partir de composiciones aglutinantes minerales, de una manera eficaz, fiable y flexible por medio de un sistema de este tipo, que pueden mantenerse relativamente simples en términos de aparato. Debido al aparato limitado requerido, los costos de los sistemas según la invención pueden mantenerse relativamente bajos.

Sorprendentemente, se ha descubierto que, no obstante, tales sistemas pueden producir objetos que tienen una buena calidad en términos de resistencia y naturaleza de la superficie. Los sistemas también son de uso universal 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.

Esto podría deberse al hecho de que está presente un dispositivo de alimentación, por medio del cual se pueden introducir al menos dos componentes separados del material de construcción en el aparato de mezcla a través de al menos dos entradas separadas. Por lo tanto, la composición del material de construcción curable se puede adaptar en cualquier momento y de manera flexible.

Además, mediante unidades de control configuradas y/o unidades de medición opcionales, el sistema se puede expandir de manera relativamente simple para una variedad de usos.

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

En un primer aspecto, la invención proporciona un sistema para la aplicación de un material de construcción curable, que comprende:

- un aparato de mezcla para mezclar componentes individuales del material de construcción para obtener un material de construcción curable en el estado de fraguado;

- un cabezal de impresión que se puede mover en al menos una dirección en el espacio y mediante el cual se puede aplicar material de construcción de fraguado, en particular en una posición predefinida;

- un conducto de transporte por medio del cual el material de construcción de fraguado puede transportarse desde el aparato de mezcla al cabezal de impresión;

- al menos un dispositivo de transporte para transportar material de construcción de fraguado desde el aparato de mezcla a través del conducto de transporte hasta el cabezal de impresión;
- un dispositivo de alimentación que está configurado de modo que al menos dos componentes separados del material de construcción curable pueden introducirse a través de al menos dos entradas separadas en el dispositivo de mezcla, en particular en una cámara de mezcla del aparato de mezcla.

Para los propósitos de la presente, un "material de construcción" es un material que comprende o consiste en al menos dos componentes separados. El material de construcción sirve, en particular, para la construcción de objetos tridimensionales que pueden ser, por ejemplo, componentes de obras de construcción y/o edificios.

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 mediante la mezcla de componentes, puede curar como sólido. El material de construcción curable es, por ejemplo, resinas reactivas, un aglutinante mineral, composiciones aglutinantes minerales o mezclas de los mismos.

Por consiguiente, un "material de construcción de 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.

Las resinas reactivas son, en particular, resinas sintéticas líquidas o licuables que curan por polimerización o poliadición para obtener termoendurecibles. Por ejemplo, es posible utilizar resinas de poliéster insaturado, resinas de éster de vinilo, 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 proporcionar hidratos sólidos o fases de hidratos. Este puede ser, por ejemplo, un aglutinante hidráulico (por ejemplo, cemento o cal hidráulica), un aglutinante hidráulico latente (por ejemplo, escoria), un aglutinante puzolánico (por ejemplo, cenizas volantes) o un aglutinante no hidráulico (por ejemplo, tableros de yeso o cal blanca).

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

El aparato de mezcla está diseñado, en particular, de modo que pueda funcionar de forma continua durante la aplicación del material de construcción de fraguado. Esto es en particular para que el material de construcción curable en el estado de fraguado pueda proporcionarse continuamente desde los al menos dos componentes separados y pueda transportarse a través del conducto de transporte hasta el cabezal de impresión.

El aparato de mezcla está diseñado preferiblemente de modo que el tiempo medio de residencia de los componentes del material de construcción curable en el aparato de mezcla, en particular un mezclador dinámico, sea inferior a 10 s, más preferiblemente inferior a 7 s, particularmente preferiblemente inferior a 4 s. El tiempo medio de residencia de los componentes del material de construcción curable en el aparato de mezcla es para los presentes propósitos 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 salida.

El aparato de mezcla comprende preferiblemente un mezclador dinámico. En la presente, un "mezclador dinámico" es un aparato de mezcla que comprende elementos móviles y es adecuado para mezclar componentes líquidos y/o sólidos por 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 utilizar 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 a una distancia del aparato de mezcla, en particular 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 preferiblemente 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 dispositivo de mezcla, en particular un mezclador dinámico del aparato de mezcla, está dispuesto preferiblemente 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.

En una modalidad preferida, el aparato de mezcla, en particular un mezclador dinámico, no está dispuesto en el cabezal de impresión móvil y/o ningún aparato de mezcla, en particular ningún mezclador dinámico, se dispone en el cabezal de impresión móvil.

Como resultado, el aparato de mezcla, en particular un mezclador dinámico, tampoco tiene que moverse 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 aparato como los costos.

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

En una modalidad particular, el aparato de mezcla comprende un mezclador dinámico y un mezclador estático, donde el mezclador estático está preferiblemente dispuesto en el conducto de transporte y/o en el cabezal de impresión. El mezclador dinámico se dispone preferiblemente a una distancia del mezclador estático en la dirección del flujo. En particular, el mezclador dinámico está dispuesto dirección arriba del mezclador estático.

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

Además, un mezclador estático en la zona del cabezal de impresión tiene la ventaja de que puede integrarse en el conducto de transporte o estar presente como componente del mismo, por lo que la zona del cabezal de impresión puede mantenerse compacta. Además, los mezcladores estáticos son típicamente 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 costos.

En particular, un dispositivo para influir en las propiedades químicas y/o físicas del material de construcción de fraguado está presente adicionalmente. En particular, este es un dispositivo para influir en las propiedades físicas del material de construcción de fraguado. El dispositivo para influir en las propiedades químicas y/o físicas se dispone preferiblemente en o sobre el conducto de transporte y/o el cabezal de impresión, especialmente dentro o sobre el cabezal de impresión.

Las propiedades de flujo y/o el comportamiento de fraguado, por ejemplo, del material de construcción de fraguado se puede controlar y/o adaptar de esta manera.

Por ejemplo, una boquilla de entrada para la introducción de una mezcla en el material de construcción de fraguado puede estar presente en el conducto de transporte y/o en la región del cabezal de impresión. La mezcla sirve aquí en particular para influir en las propiedades químicas y/o físicas del material de construcción de fraguado. La mezcla se selecciona preferiblemente de entre un retardador, un auxiliar reológico y/o un plastificante. Preferiblemente es un retardador, un auxiliar reológico o un plastificante para composiciones aglutinantes minerales.

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.

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 tipo peine con cadenas laterales de óxido de polialquileno y grupos aniónicos en la estructura prinicpial del polímero, donde los grupos aniónicos se seleccionan, en particular, entre grupos carboxilato, grupos sulfonato, grupos fosfonato o grupos fosfato, o mezclas de los plastificantes mencionados.

A los efectos de la presente, un "auxiliar reológico" es una sustancia que puede modificar las propiedades reológicas del material de construcción de 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/o espesantes minerales. El almidón modificado es preferiblemente un éter de almidón, en particular almidón de hidroxipropilo, almidón de carboximetilo o almidón de carboximetilhidroxipropilo. La celulosa modificada es preferiblemente metilcelulosa, etilcelulosa, hidroximetilcelulosa, hidroxietilcelulosa o metilhidroxietilcelulosa.

El comportamiento de fluidez, 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 antes mencionados. El auxiliar reológico es particularmente adecuado para asegurar la estabilidad dimensional de la composición aglutinante que contiene agua y para otorgar a una capa aplicada la resistencia suficiente para soportar una o más capas adicionales sin cambiar significativamente la forma. El uso de retardadores puede resultar ventajoso, ya que de este modo aumenta el tiempo de procesamiento de la composición aglutinante que contiene agua.

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

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

También puede ser ventajoso que esté presente un dispositivo de aireación y/o desaireación del material de construcción de fraguado. Este es, en particular, un sistema de introducción de aire, un dispositivo de tratamiento de vacío y/o un dispositivo de vibración. El dispositivo de aireación y/o desaireación se encuentra preferiblemente en o sobre el conducto de transporte y/o sobre o en el cabezal de impresión.

Un aparato de aireación y/o desaireación en particular permite controlar y/o cambiar las propiedades de flujo del material de construcción de 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.

En otra modalidad ventajosa, está presente un aparato para cambiar la temperatura del material de construcción de fraguado. Es, en particular, un elemento calefactor y/o un elemento de enfriamiento. El aparato de cambio de temperatura está presente

preferiblemente en o sobre el conducto de transporte y/o sobre o en el cabezal de impresión.

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

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 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 proporción de 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 dispositivo de mezcla a través de al menos tres entradas separadas en el dispositivo de mezcla. Esto permite controlar aún 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 puede introducir por separado de los otros dos componentes a través de la tercera entrada en el aparato de mezcla. Por lo tanto, la proporción de mezcla de los tres componentes se puede adaptar 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 práctiamente de cualquier manera con respecto a su composición.

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.

Para los propósitos de la presente, "fibras" son materiales cuya proporción de longitud a diámetro o de longitud a diámetro equivalente es al menos 10:1. Esta proporción también se conoce como factor de forma.

Para los propósitos del presente, 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.

El dispositivo de alimentación tiene, en particular, al menos uno o más dispositivos de medición. El al menos un dispositivo de medición está configurado para que uno o más de los componentes del material de construcción curable se pueda medir de forma controlada y/o a una velocidad de adición definida en el aparato de mezcla.

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

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

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

La provisión de un dispositivo de medición 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.

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

La provisión de un embudo y una instalación de transporte tiene la ventaja de que permite utilizar grandes unidades de un componente del material de construcción, por ejemplo, grandes contenedores o sacos (conocidos en lenguaje técnico como "Big Bag"). Por ejemplo, estas 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 almacenamiento y, por lo tanto, puede salvar un período de tiempo durante el cual se intercambian los contenedores del primer constituyente del primer componente del material de construcción. La instalación de transporte permite, por ejemplo, suministrar un primer componente al dispositivo de medición.

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 componente de estos elementos. Esto permite una construcción compacta. Sin embargo, también son posibles las disposiciones del dispositivo de transporte.

En particular, hay un elemento de transporte en la zona del cabezal de impresión y/o está integrado en este último y, en particular, se mueve junto con el movimiento del cabezal de impresión. 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, donde un primer dispositivo de transporte está integrado preferiblemente en el aparato de mezcla, 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 fraguado.

Como dispositivo de transporte se utiliza 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.

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.

En un desarrollo ventajoso adicional, los elementos de agitación están configurados como pasadores. En una modalidad ventajosa adicional, 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 agitador.

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

En un desarrollo ilustrativo adicional, la primera sección del eje 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 agitador está dispuesta en una segunda región del tambor en la que el tambor tiene una salida.

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

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

En un desarrollo ilustrativo adicional, un tambor del mezclador está hecho en una sola pieza y/o en forma de tubo.

En particular, el sistema 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 preferida 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.

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.

El uno o más recipientes se corresponden preferiblemente 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 conexión a un conducto de transporte, producir una parte definida o la totalidad del objeto a producir, esencialmente sin más intervención.

Se prefiere además que esté presente una unidad de medida, por medio de la cual una propiedad química y/o física del material de construcción curable se puede determinar 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.

La determinación de una propiedad química y/o física del material de construcción de fraguado permite evaluarlo con respecto a su estado específico. Esto hace posible, por ejemplo, la proporción de los componentes, la velocidad a la que se transporta el material de construcción de fraguado y/o la velocidad de adición de una mezcla que se adaptará en función de la propiedad química y/o física si es necesario. En general, se puede lograr una calidad más constante del material de construcción curable y/o el material de construcción curable se puede adaptar o cambiar de manera específica para secciones específicas del objeto a producir.

La unidad de medida está configurada, en particular, de modo que una frecuencia de medición para determinar la propiedad química y/o propiedad física es > 0,01 Hz, preferiblemente, > 0,1 Hz, particularmente preferiblemente > 1 Hz, muy particularmente preferiblemente > 10 Hz. Las propiedades químicas y/o físicas del material de

construcción de fraguado se pueden determinar a intervalos regulares o de forma continua de esta manera.

La unidad de medida está diseñada de forma particularmente preferente de modo que la determinación de la propiedad química y/o física se pueda llevar a cabo durante la aplicación del material de construcción, en particular en tiempo real.

Preferiblemente, la unidad de medida está dispuesta en el aparato de mezcla, en el conducto de transporte y/o en el cabezal de impresión.

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

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

En particular, una salida que es controlable con respecto al tamaño de la abertura de paso está presente en el cabezal de impresión, donde la salida es preferiblemente completamente cerrable. Esto puede ocurrir, por ejemplo, por medio de una válvula que se puede abrir y cerrar, pudiendo la válvula, en particular, abrirse y cerrarse neumáticamente y/o electromecánicamente. De esta manera, la velocidad de rendimiento durante la aplicación del material de construcción de fraguado se puede adaptar de manera selectiva.

En particular, el sistema de la invención tiene una unidad de control. La unidad de control está diseñada, en particular, de modo que al menos parte de los aparatos y unidades presentes en el sistema puedan controlarse y/o regularse de forma controlada. El término "regular" o "regulado" se refiere, en particular, al establecimiento de un valor pretendido predeterminado y al mantenimiento del mismo durante un período de tiempo definido.

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 de la invención.

Los aparatos y unidades presentes en el sistema están conectados preferiblemente a través de líneas de datos, líneas de control y/o sistemas de comunicación inalámbrica a la unidad de control.

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.

Preferiblemente, en la unidad de control se almacena un modelo de datos que representa al menos parte del objeto a producir o todo el objeto a producir. Además, la unidad de control está configurada ventajosamente para que los parámetros y/o valores previstos que deben cumplirse durante la aplicación se puedan establecer con referencia al modelo de datos.

Aquí, diferentes parámetros y/o valores previstos se establecen preferiblemente para varias secciones del objeto que se va a producir y/o dichos parámetros y/o los valores previstos están presentes en la unidad de control. 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 proporción 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 de fraguado, la viscosidad del material de construcción de fraguado, la temperatura del material de construcción de fraguado y/o la temperatura ambiente de la región en la que se produce el objeto a producir.

Además, puede ser ventajoso para 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 previamente determinada, para ser almacenados o poder ser almacenados en la unidad de control.

La unidad de control está configurada preferiblemente de modo que el tamaño de la abertura de paso de la salida controlable se controle en función de la estructura del objeto a producir. De esta manera, la estructura a producir se puede producir de manera más precisa y controlada.

En particular, la unidad de control está configurada para que la potencia de transporte del dispositivo de transporte esté controlada y/o regulada, en relación con una propiedad química y/o física del material de construcción curable que se determina con la unidad de medida, en particular en relación con una presión del material de construcción curable en el conducto de transporte y/o en el cabezal de impresión.

Esto permite mantener una presión esencialmente constante en el conducto de transporte y/o el cabezal de impresión. Por consiguiente, se consigue así que un flujo definido de material curable salga del cabezal de impresión en el caso de una abertura de salida determinada, de modo que se mejora la precisión en la producción del objeto a producir.

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

Además, puede ser ventajoso que el control esté configurado de modo que, utilizando el dispositivo de alimentación, se pueda regular una velocidad de adición de al menos un componente del material de construcción o se lleve a cabo en función de la propiedad química y/o física del material de construcción curable y/o en función del tamaño y/o estructura del objeto a producir. La composición y la naturaleza del material de construcción curable se pueden mantener constantes y/o adaptarse de una manera específica de esta manera. El control está configurado ventajosamente de modo que la velocidad de adición pueda realizarse o se lleve a cabo durante la aplicación del material de construcción curable, en particular en tiempo real.

En particular, está presente una unidad de control que está configurada para que un flujo volumétrico del material de construcción curable que sale del cabezal de impresión se lleve a cabo en función del tamaño y/o estructura de un objeto que se va a producir utilizando el material de construcción curable.

La unidad de control está configurada preferiblemente de modo que el dispositivo de transporte se lleve a cabo en función de una propiedad química y/o física del material de construcción curable y/o en función del tamaño y/o estructura de un objeto que se va a producir utilizando el material de construcción curable.

Además, la unidad de control está configurada, en particular, de modo que una velocidad de adición de una mezcla, en particular un auxiliar reológico y/o un retardador, a través de la boquilla de entrada se controle en función de una propiedad química y/o física del material de construcción curable y/o en función del tamaño y/o estructura de un objeto que se va a producir utilizando el material de construcción curable.

Asimismo, es ventajoso que la unidad de control esté configurada de modo que se controle y/o regule la aplicación del material de construcción de fraguado 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 región en la que se produce el objeto a producir.

Además, se da preferencia a que la unidad de control esté configurada de modo que la velocidad de transporte y el movimiento del cabezal de impresión coincidan entre sí.

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 cargas y, opcionalmente, una mezcla de hormigón y/o de mortero;

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

- un tercer componente opcional comprende un plastificante;

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

donde los componentes y, opcionalmente, están presentes en recipientes que están separados espacialmente entre sí y son componentes del dispositivo de alimentación y/o comunicarse con este último.

El primer componente es particularmente preferiblemente una composición aglutinante mineral seca que comprende cemento y cargas 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 de 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 de ácido carboxílico por gramo de éter de policarboxilato seco.

En la presente, 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.

En la presente, 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.

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

La cantidad de grupos de ácido carboxílico en el éter de policarboxilato se expresa como milimol de grupos de ácido carboxílico en un gramo de éter de policarboxilato (mmol/g). Para ello, las sales de los ácidos carboxílicos presentes se cuentan como grupos de ácido carboxílico y se utiliza 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.

En la presente, "estabilidad dimensional" es una propiedad de los materiales tal que el material después de dar forma tiene dimensiones individuales que se alteran en no más

de 10 %, siempre que ninguna fuerza externa, aparte de la gravedad, actúe sobre el material moldeado.

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

Como cemento, es posible utilizar 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 indio, son igualmente adecuados. Se da preferencia al cemento Portland CEM I o CEM II según DIN EN 197-1. Se da especial preferencia al cemento Portland CEM I 42.5 o CEM I 52.5. Dichos cementos dan buenas resistencias y buena procesabilidad.

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

La composición aglutinante mineral seca también contiene ventajosamente al menos un aglutinante hidráulico o puzolánico latente, en particular metacaolín y/o polvo de sílice ($SiO_2$ amorfo). El aglutinante hidráulico o puzolánico latente está presente preferiblemente 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.

La composición aglutinante mineral seca contiene cargas minerales. Los rellenos son materiales particulados sólidos químicamente inertes y están disponibles en varias formas, tamaños y diferentes materiales que van desde partículas de arena muy finas hasta piedras grandes y gruesas. Todas las cargas que se utilizan habitualmente para hormigón y mortero son adecuadas en principio. Ejemplos de cargas particularmente adecuadas 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 cargas ligeras como arcilla expandida, vidrio expandido, vidrio celular, piedra pómez, perlita y vermiculita. Otras cargas ventajosas son cargas finas o muy finas tales como

dolomita o piedra caliza molida, óxido de aluminio, polvo de sílice, harina de cuarzo o escoria de acero molida sin o con reactividad hidráulica débilmente latente.

Las cargas preferidas 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. La carga comprende preferiblemente al menos una carga cristalina finamente molida, 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 las cargas depende del uso y está en el intervalo 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 cargas compuestas por diferentes materiales. El tamaño de partícula se puede determinar mediante análisis de tamiz.
Se da preferencia a las cargas que tienen tamaños de partículas de no más de 8 mm, preferiblemente no más de 5 mm, incluso más preferiblemente no más de 3,5 mm, con la mayor 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 lo tanto, el tamaño máximo de partícula de las cargas no es, de manera apropiada, mayor que el grosor de la capa cuando se aplica.

La composición aglutinante mineral seca contiene preferiblemente de 20 a 40 % en peso, en particular de 22 a 36 % en peso, con base en el peso total de la composición aglutinante seca, de cargas finas con un tamaño de partícula inferior a 0,125 mm.

Cargas adecuadas 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 preferiblemente de 1 a 10 % en peso, más preferiblemente de 2 a 5 % en peso, de carbonato cálcico molido con un tamaño de partícula inferior a 0,01 mm. El carbonato cálcico 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 cargas que tengan tamaños de partículas de hasta 32 mm, más preferiblemente hasta 20 mm, con la mayor preferencia hasta 16 mm.

Las cargas minerales están presentes preferiblemente en una cantidad de 45 a 85 % en peso, en particular de 50 a 80 % en peso, con base en el peso total de la composición aglutinante mineral seca.

La composición aglutinante mineral seca contiene preferiblemente un acelerador a base de sulfato de aluminio. El acelerador es un polvo que fluye libremente y contiene ventajosamente al menos 30 % en peso, preferiblemente al menos 35 % en peso, más preferiblemente al menos 40 % en peso, de sulfato de aluminio, calculado como sulfato de aluminio hidratado $Al_2(SO_4)_3 \cdot 16\ H_2O$.

El acelerador puede contener ventajosamente otros componentes 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 alcalinotérreos de ácido fórmico o mezclas de los mismos además del sulfato de aluminio.

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

La composición aglutinante está preferiblemente libre de aminoalcoholes. Los aminoalcoholes tienen un olor desagradable intenso, pueden ser perjudiciales para la

salud y pueden conducir a un endurecimiento descontrolado de la composición aglutinante que se ha mezclado con agua.

El acelerador a base de sulfato de aluminio está presente preferiblemente en una cantidad de 0,1 a 2 % en peso, más preferiblemente de 0,3 a 1,5 % en peso, en particular de 0,4 a 1,0 % en peso, con base en el peso total de la mezcla de mortero seco.

Una medición de este tipo del acelerador conduce a un rápido desarrollo de la resistencia de la composición aglutinante que se ha mezclado con agua, sin limitar la procesabilidad para el funcionamiento 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 su metal alcalino y/o sales de metales alcalinotérreos. Se da preferencia a los éteres de policarboxilato que no tienen otros grupos aniónicos además de los grupos de ácido carboxílico.
Más preferiblemente éteres de policarboxilato cuyas cadenas laterales comprenden al menos 80 % en moles, preferiblemente al menos 90 % en moles y especialmente preferiblemente consisten en 100 % en moles de unidades de etilenglicol.

Las cadenas laterales tienen preferiblemente un peso molecular medio Mw en el intervalo de 500 a 10 000 g/mol, preferiblemente de 800 a 8 000 g/mol, especialmente preferiblemente de 1000 a 5 000 g/mol. También es posible que estén presentes cadenas laterales con diferentes pesos moleculares en el éter de policarboxilato.

Se da especial preferencia a los éteres de policarboxilato que se componen de ácido metacrílico y/o unidades de ácido acrílico y metacrilatos o acrilatos de metilpolialquilenglicol. El al menos un éter de policarboxilato tiene preferiblemente un peso molecular medio Mw de 8000 a 200 000 g/mol, en particular de 10 000 a 100 000 g/mol, medido en relación con un estándar de polietilenglicol.

Dichos 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 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 las cargas antes de mezclar con el aglutinante mineral.
El al menos un éter de policarboxilato está presente preferiblemente 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 en bloque o en gradiente. En la presente, un "éter de policarboxilato que tiene una estructura de bloque o 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. En el éter de policarboxilato que tiene una estructura de bloque o gradiente, al menos una sección comprende unidades monoméricas que comprenden cadenas laterales de polialquilenglicol y ninguna o casi ninguna unidad monomérica que tenga grupos carboxilato y al menos una sección comprende unidades monoméricas que tienen grupos carboxilato y ninguna o casi ninguna unidades monoméricas que tienen cadenas laterales de polialquilenglicol. Por lo tanto, tales polímeros en bloque o en 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 en bloque o en gradiente desarrollan sorprendentemente su acción como plastificante muy rápidamente. Por lo tanto, son particularmente 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 en bloque o en gradiente dan como resultado una baja viscosidad de la composición aglutinante; esto mejora la capacidad de bombeo.

Asimismo, sorprendentemente, el efecto plastificante de los éteres de policarboxilato que tienen una estructura de bloque o gradiente persiste solo durante unos pocos minutos en las composiciones aglutinantes de la invención, lo cual es ventajoso para la impresión 3D porque permite lograr una buena procesabilidad de la composición aglutinante acuosa inmediatamente después de la mezcla y una buena resistencia al pandeo después de la aplicación.

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

La adición medida 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, típicamente, la altura deseada del cuerpo moldeado, el grosor de las capas aplicadas, la velocidad de impresión y la temperatura ambiente esperada se miden ventajosamente antes de imprimir y la cantidad óptima de éter de policarboxilato en la composición aglutinante se determina posteriormente mediante valores basados en la experiencia, tablas y/o un programa de computadora.

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

Sin embargo, también puede ser ventajoso, especialmente en el caso de que se utilicen pequeñas cantidades y/o cuando los parámetros de impresión son variables, especialmente debido a fluctuaciones de temperatura, tiempos de retraso o pasos de fabricación adicionales durante el conformado, 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 previstas, a agregarse durante o después de la mezcla con agua.

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

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

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

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 preferiblemente del grupo que consiste en almidones modificados, celulosas modificadas, polisacáridos microbianos, superabsorbentes y espesantes minerales.
La cantidad total de auxiliares reológicos es preferiblemente de 0,01 a 5 % en peso, basado en el peso total de la composición aglutinante seca.

El almidón modificado es preferiblemente un éter de almidón, en particular almidón de hidroxipropilo, almidón de carboximetilo o almidón de carboximetilhidroxipropilo. El almidón modificado está presente preferiblemente en una cantidad de 0,01 a 2 % en peso, con base en el peso total de la composición aglutinante seca.

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

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

El superabsorbente se selecciona preferiblemente 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, preferiblemente ácido poliacrílico,

que puede estar parcial o completamente neutralizado, y copolímeros y terpolímeros de los ácidos carboxílicos monoetilénicamente insaturados antes mencionados con ácido vinilsulfónico, ácidos (met)acrilamidoalquilsulfónicos, ácido alilsulfónico, ácido viniltoluensulfónico, ácido vinilfosfónico, (met)acrilamida, (met)acrilamida N-alquilada, N-metilol(met)acrilamida, N-vinilformamida, N-vinilacetamida, vinilpirrolidona, (met)acrilato de hidroxialquilo, acrilato de etilo, acrilato de metilo, ésteres (met)acrílicos de polietilenglicol monoalilo éteres, 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 en bloque o en gradiente. Preferiblemente, los homopolímeros y copolímeros están reticulados adicionalmente.
El superabsorbente es preferiblemente ácido poliacrílico que puede estar parcial o completamente neutralizado y está reticulado.

Si está presente, el superabsorbente está presente preferiblemente en una cantidad de 0,01 a 0,5 % en peso, en particular de 0,05 a 0,3 % en peso, con base en el peso total de la composición aglutinante seca.

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

La composición aglutinante contiene preferiblemente al menos dos, más preferiblemente al menos tres, auxiliares reológicos diferentes.

El auxiliar reológico es particularmente adecuado para asegurar la estabilidad dimensional de la composición aglutinante que contiene agua y proporcionar a una capa aplicada suficiente resistencia al pandeo 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:
- 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.

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

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

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, preferiblemente 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.

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

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 conducir a la formación de grietas en el cuerpo moldeado producido. Las grietas pueden reducir la durabilidad de las estructuras impresas y afectar negativamente la apariencia visual.
De manera especialmente ventajosa, el sulfoaluminato de calcio es un cemento de sulfoaluminato de calcio.

La composición aglutinante también contiene ventajosamente al menos otro aditivo 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 conjunto de grupos de cuerpos de cemento.

La composición aglutinante también contiene preferiblemente 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 modificables, por ejemplo, por alcoxilación o fluoración, alquilésteres 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 los mismos.
El antiespumante se selecciona preferiblemente del grupo que comprende 2,4,7,9-tetrametil-5-decin-4,7-diol etoxilado, una combinación de alcoxilatos de alcohol graso y polisiloxano y una combinación de aceite mineral y una sílice hidrófoba que contiene aceite de silicona.

El antiespumante está presente preferiblemente en una cantidad de 0,01 a 1 % en peso, en particular de 0,1 a 0,8 % en peso, con base 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 el mezclado 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 adversamente el aspecto visual de los cuerpos moldeados.

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

La composición aglutinante mineral puede contener opcionalmente también 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 catiónico de tipo peine, un formador de poros de aire, un reductor de contracción adicional o un inhibidor de corrosión o combinaciones de los mismos.

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 resultar ventajoso, ya que de este modo aumenta el tiempo de procesamiento de la composición aglutinante que contiene agua. El retardador de curado es preferiblemente un ácido hidroxicarbónico, 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 los mismos.

Una composición aglutinante preferida comprende o consiste en:

- de 10 a 50 % en peso, preferiblemente de 12 a 40 % en peso, en particular de 15 a 35 % en peso, de cemento, en particular cemento Portland,
- de 0,1 a 5 % en peso, preferiblemente de 0,5 a 3 % en peso, de sulfoaluminato de calcio,
- de 0 a 10 % en peso, preferiblemente de 0,1 a 5 % en peso, de aglutinantes hidráulicos latentes, en particular metacaolín y/o polvo de sílice,
- de 45 a 85 % en peso, preferiblemente de 50 a 80 % en peso, de cargas minerales,
- de 0,1 a 2 % en peso de al menos un acelerador a base de sulfato de aluminio,
- de 0,02 a 5 % en peso de al menos un éter de policarboxilato,
- de 0,01 a 2 % en peso de al menos un auxiliar reológico,
- de 0,01 a 1 % en peso de al menos un antiespumante y
- de 0 a 10 % en peso de otros aditivos,

con base en el peso total de la composición aglutinante seca.

La adición medida del acelerador y del éter de policarboxilato se efectúa preferiblemente 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.

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

La mezcla con agua se lleva a cabo preferiblemente en un mezclador continuo.
Esto asegura una alta velocidad 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.

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 para adaptar la composición aglutinante, en particular el contenido de éter de policarboxilato en la composición aglutinante seca y/o que contiene agua.

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 utilizando un aparato automático Vicat.

La composición aglutinante alcanza ventajosamente una resistencia de al menos 0,05 MPa, preferiblemente 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, preferiblemente 2 horas. La resistencia se puede determinar mediante un método de penetración, por ejemplo, como se describe en ASTM C 403.

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

Otro aspecto de la presente invención se refiere al uso de un sistema como el descrito anteriormente para producir objetos tridimensionales a partir de materiales de construcción curables.

Los materiales de construcción curables son preferiblemente aglutinantes minerales o composiciones aglutinantes minerales, en particular composiciones de hormigón y/o mortero.

Los objetos producidos pueden tener prácticamente cualquier forma deseada. Un objeto puede ser, por ejemplo, la construcción de un edificio, una pieza 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 una forma hueca, con o sin fondo.

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

**Breve descripción de las figuras**

Las figuras muestran:

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

Fig. 2 una representación esquemática de un mezclador ilustrativo;

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

Fig. 4 una descripción de un proceso que usa un sistema de la invención.

**Ejemplos prácticos**

La Fig. 1 representa esquemáticamente un sistema ilustrativo 1 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 intervalo de trabajo del dispositivo de movimiento 2.

El cabezal de impresión 3 tiene, en su interior, un pasaje tubular 3,1 para transportar material de construcción curable que va desde la cara del extremo que mira al brazo 2,1 (en la parte superior en la Fig. 1) hasta la cara del extremo opuesto y libre. En el extremo libre, el paso 3,1 desemboca en una salida controlable 4 en forma de boquilla que puede abrirse y cerrarse continuamente.

Una boquilla de entrada 5 para la adición de un aditivo se abre lateralmente en el paso 3,1 en una región que mira 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 paso 3,1.

Además, un mezclador estático 6 que mezcla adicionalmente el material de construcción curable y el aditivo mientras pasa a través del paso 3,1 está dispuesto en el paso 3,1 en el interior del cabezal de impresión 3 dirección abajo de la boquilla de entrada.

Además, en la zona de la salida controlable 4 está dispuesta una unidad de medida 8 para determinar la presión en el paso tubular 3,1. Una velocidad de exploración de la unidad de medida 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 paso 3,1 puede configurarse, por ejemplo, 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 paso 3,1.

Este sistema 1 para la aplicación de un material de construcción curable tiene adicionalmente un dispositivo de alimentación 9 que se 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, comprende, por ejemplo, cemento y agregados, a modo de ejemplo arena y carga. 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 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 de medición controlables individualmente (no se muestran en la Fig. 1), de modo que los componentes individuales en los recipientes individuales 11,1, 11,2, 11,3 pueden medirse individualmente en el aparato de mezcla 10.

Una salida adicional del dispositivo de alimentación está conectada a la boquilla de entrada 5 (no se muestra en la Fig. 1), de modo que la mezcla puede transportarse desde el depósito de mezcla 11,4 a la boquilla de entrada 5 a través de un dispositivo de medición adicional del dispositivo de alimentación 9.

El aparato de mezcla 10 está configurado como mezclador dinámico y comprende, además, un dispositivo de transporte integrado en forma de transportador de tornillo. En el aparato de mezcla, los componentes que se han medido 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 extrema del cabezal de impresión que mira al brazo 2,1 en el paso tubular 3,1, en el cabezal de impresión 3 y se aplica continuamente a través de la salida controlable 4.

Otro componente del sistema 1 es una unidad de medida 13 que está integrada en el conducto de transporte 12 en la zona entre el aparato de mezcla 10 y el cabezal de impresión 3. La unidad de medida comprende, por ejemplo, un transductor ultrasónico

que está configurado para determinar la propiedades de flujo del material curable. Una velocidad de exploración de la unidad de medida 13 es, por ejemplo, 10 Hz.

Una unidad de control central 14 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.

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 medirse en el aparato de mezcla 10 por medio de la unidad de control central según las formulaciones previstas almacenadas en la unidad de control y transportarse a velocidades de transporte ajustables al conducto flexible 12.

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 el último.

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

La unidad de medida 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 medida se puedan transmitir a la unidad de control 14.

De manera análoga, la unidad de medida 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 medida pueden transmitirse a la unidad de control 14.

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

(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 medida 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 medida 8 y también de la estructura del objeto a producir utilizando el material de construcción curable;

(iii) la velocidad de adición del aditivo 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 medida 13 y también la estructura del objeto a producir;

(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 medida 13;

(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 utilizada como primer componente tiene, por ejemplo, la composición descrita en la Tabla 1.

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 |
| Sika® ViscoCrete®-225P | 0,25 |
| Carbowet® 4000 | 0,5 |
| Celulosa modificada | 0,05 |

| | |
|---|---|
| Espesante inorgánico | 0,10 |
| Superabsorbente | 0,1 |
| Sulfato de aluminio | 0,5 |

En los ejemplos se usaron los siguientes materiales:

- El sulfato de aluminio es $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18\ H_2O$, obtenible de Merck, Suiza.

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

- Nekafill® 15 es una piedra caliza molida, obtenible de Kalkfabrik Netstal.

- Sika® ViscoCrete®-225P es un pulverulento superplastificante basado en un éter de policarboxilato, obtenible de Sika.

- Carbowet® 4000 es un antiespumante obtenible de Air Products Chemicals Europe.

- Denka CSA #20 es un reductor de la contracción a base de cemento sulfoaluminato de calcio, obtenible de Newchem, Suiza.

La Fig. 2 representa una modalidad ilustrativa del aparato de mezcla 10 de la Fig. 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.

En este ejemplo práctico, 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.

Cuando se utiliza 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.

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

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.

En este ejemplo práctico, el módulo de tambor 27 comprende un tambor tubular de una pieza 31 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 extrema del tambor 31. La salida 24 está dispuesta en una segunda región extrema del tambor 31.

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

En este ejemplo práctico, 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 agitador 29. Además, el elemento de transporte 30 está asegurado al eje agitador 29 mediante un elemento de fijación (no visible en esta imagen).

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

La Fig. 4 muestra un proceso que utiliza el sistema 1 de la invención. En un primer paso 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 el segundo paso 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 el

siguiente paso 43 para proporcionar 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 proporción en peso de agua a la composición aglutinante seca de aproximadamente 0,16. El plastificante se mide en una cantidad tal que se alcanza un límite de elasticidad previsto. La composición aglutinante mineral que se ha mezclado con agua corresponde a un material de construcción curable en estado de fraguado.

La composición aglutinante que se ha mezclado con agua se alimenta a continuación, en el cuarto paso 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, una mezcla en forma de auxiliar reológico, por ejemplo una celulosa modificada y/o un polisacárido microbiano, en el paso 45, se añade de manera medida a través de la boquilla de entrada 5 a la composición aglutinante preparada en función de las propiedades de flujo de la composición aglutinante determinadas por medio de la unidad de medida 13 y/o la composición aglutinante se desairea por medio del dispositivo 7. Las propiedades químicas y/o físicas, por lo tanto, se adaptan cuando es necesario de modo 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 el paso 46, para producir el objeto a fabricar.

Todos los pasos del proceso 40, incluido el control del cabezal de impresión, se controlan y supervisan por medio de la unidad de control 14.

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 un ancho 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 tomó 2 horas y 40 minutos. La altura de las capas inferiores y de las capas superiores difería en no más de 5 %. El cuerpo impreso tenía una superficie ondulada muy uniforme sin defectos visibles. Incluso después del almacenamiento durante 3 días a 25 °C y aproximadamente 40 % de humedad relativa

del aire, 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 produjera daño en el cuerpo moldeado impreso.

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.

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 haya presente ni un mezclador estático ni un mezclador dinámico en el cabezal de impresión.

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.

También es posible para otras unidades de medición que permitan, por ejemplo, proporcionar una medición de temperatura en lugar de o además de las unidades de medición 8, 13 en la zona del cabezal de impresión 3 y/o en el conducto de transporte 12. También es concebible que la unidad de medida 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 medir componentes adicionales que están presentes en recipientes adicionales.

En lugar de uno o más de los recipientes 11,1, 11,2, 11,3, también es posible que haya conexiones a fuentes externas, por ejemplo, una conexión de agua.

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

**Lista de referencias numerales**

| | |
|---|---|
| 1 | Sistema |
| 2 | Dispositivo de movimiento |
| 2,1 | Brazo móvil |
| 3 | Cabezal de impresión |
| 3,1 | Paso |
| 4 | Salida controlable |
| 5 | Boquilla de entrada |
| 6 | Mezclador estático |
| 7 | Dispositivo de desaireación |
| 8 | Unidad de medida de presión |
| 9 | Dispositivo de alimentación |
| 10 | Aparato de mezcla |
| 10,1 | Primera entrada |
| 10,2 | segunda entrada |
| 10,3 | Tercera entrada |
| 11,1 | Primer recipiente |
| 11,2 | Segundo recipiente |
| 11,3 | Tercer recipiente |
| 11,4 | Depósito de mezcla |
| 12 | Conducto flexible |
| 13 | Unidad de medida con transductor ultrasónico |
| 14 | Unidad de control |
| 15a..h | Potencia de datos y control |
| 20 | Accionador |
| 21 | Tambor |
| 22 | Cierre proximal |
| 23 | Cierre distal |
| 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 protectora |
| 33 | Pasadores (elementos de agitación) |
| 40 | Proceso de aplicación |
| 41..46 | Pasos del proceso |