



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 296 659**

51 Int. Cl.:
B22C 9/00 (2006.01)
B22C 9/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **00978949 .6**
86 Fecha de presentación : **25.09.2000**
87 Número de publicación de la solicitud: **1324842**
87 Fecha de publicación de la solicitud: **09.07.2003**

54 Título: **Procedimiento para la fabricación de un elemento con la técnica de deposición.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.05.2008

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.05.2008

73 Titular/es: **VoxelJet Technology GmbH**
Am Mittleren Moos 15
86167 Augsburg, DE

72 Inventor/es: **Ederer, Ingo y**
Höchsmann, Rainer

74 Agente: **Carpintero López, Francisco**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la fabricación de un elemento con la técnica de deposición.

5 La invención se refiere a un procedimiento para la fabricación de un elemento con la técnica de deposición en capas, mediante la construcción de un ensamblaje de capas que contiene el elemento bruto a partir de un material particulado. En particular, el elemento fabricado es un molde o un macho. Sin embargo, el procedimiento es adecuado también para la fabricación de un elemento metálico a partir de un material metálico granular, como por ejemplo, un polvo metálico o un material de plástico granular o en forma de granulado.

10 En un procedimiento de fabricación convencional de moldes o machos para la fundición de metal se rellenan cajas con una mezcla de una arena y un aglutinante endurecible. Un modelo positivo de la pieza moldeada que ha de producirse en fundición de metal se empotra en la mezcla de arena y aglutinante y se retira de nuevo antes de su endurecimiento. De este modo se genera una huella en la mezcla de arena y aglutinante, que representa un molde negativo de la pieza moldeada. La mezcla de arena y aglutinante moldeada se endurece, generándose un molde de resistencia suficiente, con la forma del molde negativo.

15 En otra variante para la fabricación de moldes puede usarse también, como alternativa a una mezcla de arena y aglutinante, la denominada arena Croning, un material pulverulento compuesto por una arena de fundición, como por ejemplo arena de cuarzo o de circonio, prerrevestida con una resina artificial.

20 La aglutinación del material en polvo tiene lugar por la fusión del aglutinante seco mediante calentamiento. A este respecto, el coste energético de la fabricación de machos y moldes no es irrelevante. Además, para la realización del procedimiento se necesitan máquinas relativamente complejas.

25 En cuanto al ahorro de energía en la fabricación de moldes, son ventajosos los denominados procedimientos de endurecimiento en frío (caja fría). En este caso el aglutinante se endurece químicamente. Esto tiene lugar bien mezclando un aglutinante de dos componentes de endurecimiento en frío en la arena de moldeo que, a continuación, todavía puede procesarse durante un período de tiempo limitado antes de endurecerse, o se hace fluir un gas para el endurecimiento del aglutinante a través de la mezcla moldeada de arena y aglutinante. Este último procedimiento se denomina procedimiento de endurecimiento por gas.

30 En el procedimiento descrito anteriormente, el modelo positivo se produce según los procedimientos convencionales de construcción de modelos como fresado de CN y torneado de CN, lo que requiere mucho tiempo y es costoso, en particular a medida que aumenta la complejidad de la pieza metálica deseada.

35 Por medio de la técnica de deposición, denominada también procedimiento de prototipado rápido, en la que el material que forma el molde se aplica en capas, pueden fabricarse moldes, modelos u otros elementos más rápida y económicamente.

40 Un procedimiento conocido en el que un elemento se construye en capas se da a conocer en el documento US 5.182.170 (Marcus y col.). En este procedimiento se aplica una capa de un polvo mezclado con un aglutinante sobre una base. La capa se somete a la atmósfera de un gas reactivo, por medio de la cual se activa el aglutinante. En esta atmósfera de activación se aporta calor localmente sobre un sector predeterminado de la capa. De este modo, el gas reactivo y el calor local aportado actúan conjuntamente sobre el aglutinante, por lo que se produce una reacción química local de dicho aglutinante y la capa se solidifica en el sector predeterminado. Como fuente de calor sirve, por ejemplo, un láser. La aplicación del polvo y la activación y solidificación siguientes se realizan capa por capa, hasta que se completa el elemento.

50 Otro procedimiento de la técnica de deposición se conoce de los documentos US 5.204.055 y EP-0431924 B1 (Sachs y col.). En este procedimiento se deposita una capa de un material de construcción pulverulento (por ejemplo, cerámica o metal). Mediante la incorporación selectiva de un aglutinante autoendurecible en un sector predeterminado de cada capa, la capa de material de construcción se aglutina en una zona seleccionada y se ensambla con la capa completada previamente, antes de la deposición de la capa siguiente. Este proceso se repite en capas, de modo que se construye un ensamblaje de capas, en el que el elemento que ha de producirse se halla contenido en un entorno de material particulado que no está humedecido con aglutinante y, como consecuencia, no está aglutinado. El aglutinante puede aplicarse gota a gota y controladamente según un programa determinado, por medio de un cabezal dosificador de gotas según demanda, conocido de la técnica de impresión (como por ejemplo un cabezal de impresión por chorro de tinta). La sección predeterminada de cada capa se solidifica al menos en parte antes de la deposición de la siguiente capa, bien térmicamente, por ejemplo por radiación de calor, o por reacción química del aglutinante. Para la solidificación completa de los sectores que forman el elemento puede llevarse a cabo un tratamiento posterior después de la construcción del ensamblaje de capas mediante un aporte de energía calorífica.

65 Un problema en el procedimiento según el documento EP-0431924 B1 (Sachs) se basa en el autoendurecimiento del aglutinante. Debido a ello, puede peligrar la cohesión de las capas sucesivas entre sí. Además, al usar un cabezal de impresión de gotas según demanda, el aglutinante tiende a endurecerse también en el cabezal de impresión y así obturarlo, por lo que es necesaria una limpieza frecuente de dicho cabezal de impresión.

El documento DE 19853834.0 (Höchsmann y col.) presenta un procedimiento de prototipado rápido en el que se deposita una capa de un material particulado y sobre toda la superficie de dicha capa se aplica un aglutinante. A continuación, y todavía antes de la deposición de la capa siguiente, se aplica un endurecedor sobre sectores seleccionados de la capa tratada con aglutinante, mediante lo cual el aglutinante se endurece en los sectores seleccionados. El endurecedor se aplica, por ejemplo, por medio de un cabezal de impresión de gotas según demanda. El endurecedor no se endurece sin la presencia del aglutinante, de modo que las boquillas del cabezal de impresión no se obturan por material que se endurece. Capa a capa se construye un ensamblaje de varias capas.

Del documento DE 19723892.0 (Höchsmann y col.) se conoce otro procedimiento de prototipado rápido en el que primeramente se deposita una capa de un material de construcción particulado suelto de partículas prerrevestidas con un aglutinante endurecible. El material puede ser, por ejemplo, una arena Croning. Sobre un sector seleccionado de cada capa se aplica un agente de tratamiento que modifica el aglutinante del revestimiento de aglutinante en cuanto a su capacidad de reacción de endurecimiento. A continuación se aporta energía a la capa, con un valor determinado de una energía específica, antes de la deposición de la capa siguiente. El valor se selecciona ajustado de tal manera a la capacidad de reacción de endurecimiento del aglutinante modificada por el agente de tratamiento, que el aglutinante solamente se endurece en las zonas tratadas con el agente de tratamiento. Así se construye capa a capa un ensamblaje de varias capas. En ello, cada capa se endurece antes de la deposición de la capa siguiente.

Mediante la invención se consigue el objetivo de lograr un procedimiento de prototipado rápido para la fabricación de elementos, en particular de moldes o machos, que puede realizarse económicamente y que aúna una alta velocidad de producción con una buena precisión de la producción.

Por el procedimiento según la invención para la fabricación de un elemento con la técnica de deposición mediante la construcción de un ensamblaje de capas que contiene el elemento, a partir de un material particulado con un tamaño de partículas predeterminado, el material particulado se deposita en amontonamiento poroso en capas con la formando capas superpuestas y, sobre al menos un sector de forma predeterminada en cada capa, que puede variar de capa a capa, se aplica dosificadamente un agente de tratamiento en estado fluido antes de la deposición de la capa siguiente. El agente de tratamiento prepara un proceso de fraguado en el que las partículas en el sector predeterminado se unen firmemente entre sí por medio de un aglutinante, que se halla contenido en el material particulado o que se aplica sobre dicho material particulado, en presencia de un iniciador.

Sin embargo, según la invención la construcción del ensamblaje de capas se realiza en ausencia del iniciador. Según la invención, el iniciador no se añade hasta después de la construcción del ensamblaje de capas, de modo que el proceso de fraguado tampoco se realiza hasta después de la construcción del ensamblaje de capas.

En los procedimientos conocidos descritos anteriormente se toman siempre medidas para provocar al menos una solidificación parcial de cada sector predeterminado en cada capa mediante un fraguado del aglutinante inmediatamente después de la deposición de la capa y antes de la deposición de la capa siguiente. Sorprendentemente, mediante la invención se ha encontrado, sin embargo, que incluso una solidificación parcial del sector predeterminado antes de la deposición de cada capa siguiente puede ser innecesaria, cuando se tiene cuidado de que el agente de tratamiento fluido no se extienda sustancialmente más allá del límite lateral del sector predeterminado en el material particulado sin tratar que circunda el sector. En particular, esto puede alcanzarse mediante una limitación correspondiente de la dosificación del agente de tratamiento, adecuada al volumen del sector predeterminado a partir de su contenido superficial y la densidad de la capa, así como al tamaño de partículas y, con ello, a la porosidad del material particulado y a su capacidad de humectación, dependiendo de la fluidez del agente de tratamiento.

Según la invención, la aglutinación de las partículas del material particulado en el sector predeterminado también se obtiene por medio de un aglutinante. En una primera variante del procedimiento puede ser el aglutinante el que se aplique dosificadamente sobre el sector predeterminado en forma de un polvo fluido o como líquido y represente, por tanto, el agente de tratamiento.

En otra variante del procedimiento, el aglutinante puede aplicarse sobre toda la superficie de la capa depositada antes o después del agente de tratamiento, o el aglutinante se mezcla en el material particulado antes de su deposición o el material particulado contiene al menos partículas prerrevestidas con el aglutinante en su mayoría. En esta variante del procedimiento, el agente de tratamiento se selecciona de modo que modifique una propiedad del aglutinante determinante para el fraguado de dicho aglutinante desde un valor inicial o intervalo de valores iniciales específicos, presentes antes de la aplicación del agente de tratamiento, a otro valor o intervalo de valores claramente diferentes. Esta propiedad específica del aglutinante, determinante para el fraguado se denomina en lo sucesivo como su capacidad de reacción. En esta segunda variante del procedimiento, el iniciador se ajusta adaptado en su efectividad de reacción de tal manera a la modificación de la capacidad de reacción del aglutinante que, o bien el aglutinante sin modificar fuera del sector predeterminado tratado con el agente de tratamiento o el aglutinante que ha entrado en contacto con el agente de tratamiento y que por tanto está modificado en el sector predeterminado, reaccionan selectivamente y de este modo fraguan. Por tanto, el agente de tratamiento puede ser, por ejemplo, un líquido como ácido clorhídrico o similar, que reblandece el aglutinante seco o lo modifica en su composición, haciéndolo así más receptivo para el fraguado por aporte de energía o reacción química que el aglutinante sin tratar. Por ejemplo, el punto de fusión o el intervalo de fusión pueden reducirse en una cantidad discreta por medio de un agente de tratamiento seleccionado adecuadamente, de modo que, mediante el ajuste de la temperatura del iniciador aportado finalmente a un valor entre el punto de fusión sin modificar y el punto de fusión modificado, pueda provocarse una fusión selectiva del aglutinante

modificado. Según otro ejemplo, el agente de tratamiento puede ser un catalizador químico o un inhibidor químico, por medio del cual aumenta o se reduce discretamente la capacidad de reacción química del aglutinante modificado para una reacción de fraguado o endurecimiento químico con un gas químico o un líquido químico, según su concentración y, dado el caso, su temperatura.

Para esta segunda variante del procedimiento se prefiere usar un material particulado que ya se encuentra prerrevestido con el aglutinante, como por ejemplo, arena Croning. En este caso, el aglutinante se encuentra ya en dosis mínima y como envoltura continua de cada partícula, de modo que para la dosificación del agente de tratamiento, fundamentalmente sólo se trata de conseguir una humidificación suficiente de las envolturas en los puntos de contacto mutuo de las partículas.

El iniciador puede ser un agente inmaterial como energía, en forma de calor o radiación. El iniciador puede ser también un agente material, como por ejemplo un portador térmico o un reactivo químico líquidos o en particular gaseosos. Preferentemente, el aglutinante se endurece químicamente, de modo que como iniciador se usa un agente calorífico o un endurecedor químico, que causan una reticulación del aglutinante. El iniciador puede hallarse también simultáneamente como agente energético y agente material fluido.

Preferentemente el agente de tratamiento se aplica sobre el material particulado, que se deposita en amontonamiento poroso con una porosidad determinada por el tamaño de las partículas, de tal manera que en el sector predeterminado queda una porosidad mínima predeterminada, que puede aprovecharse para hacer fluir finalmente un iniciador líquido o gaseoso a través del ensamblaje de capas. Un flujo tal a través del ensamblaje de capas puede prepararse y facilitarse, dado el caso, practicando el vacío al ensamblaje de capas en un recipiente cerrado antes del flujo.

El procedimiento según la invención tiene múltiples ventajas:

En el fraguado y, en particular, en el endurecimiento del aglutinante puede producirse un encogimiento. Si el fraguado térmico o el endurecimiento se realizan individualmente para cada capa, se producen tensiones en el ensamblaje de capas que pueden tener como consecuencia que el elemento se doble o quede dañado. Dado que en el procedimiento según la invención el fraguado tiene lugar al final y no individualmente para cada capa, el encogimiento se produce volumétricamente, es decir, la totalidad del ensamblaje de capas se contrae, de modo que se reduce en sus dimensiones exteriores sin que en ello se produzcan tensiones. Por tanto, mediante la adición de una medida de encogimiento adecuada en la predeterminación del tamaño del sector correspondiente sobre el que se aplica dosificado el agente de tratamiento, puede compensarse dicho encogimiento.

Dado que la aglutinación y, dado el caso, el endurecimiento se realizan sólo después de la preparación de la totalidad del ensamblaje de capas y no después de la deposición de cada capa individual, se suprime la etapa de fraguado por capa, de modo que se reduce la duración de la producción por capa. Para el fraguado del ensamblaje de capas sólo es necesaria una única etapa de fraguado al final del procedimiento. Con ello se aumenta la velocidad de producción.

Otro ahorro de tiempo supone la supresión de los tiempos de espera para cada capa individual hasta que dicha capa ha fraguado, en particular, se ha endurecido.

Además, el fraguado final del ensamblaje de capas puede realizarse en un lugar diferente al de la construcción de dicho ensamblaje de capas, de modo que para la construcción de un segundo ensamblaje de capas no es necesario esperar al endurecimiento del primer ensamblaje de capas. Para ello, el ensamblaje de capas se construye preferentemente en un recipiente que mantiene dicho ensamblaje de capas unido y sin desintegrarse durante y después de la construcción, y en el que el ensamblaje de capas puede transportarse al lugar de fraguado. El ensamblaje de capas puede permanecer también durante el fraguado en el mismo recipiente en el que dicho ensamblaje de capas fue construido.

Otra ventaja del procedimiento reside en que los dispositivos de aplicación que se usan para la aplicación de los aglutinantes y agentes de tratamiento no se obturan por material que se endurece.

Otra ventaja del procedimiento según la invención reside en que el material de construcción fuera de los sectores predeterminados puede permanecer sin tratar, de modo que después de su separación del elemento bruto solidificado, puede reutilizarse fácilmente. En este caso además, si se usa un material de construcción sin revestimiento, se facilita la limpieza del dispositivo de aplicación usado para el procedimiento. Además, el procedimiento es más económico, ya que el aglutinante solamente se aplica en los puntos en los que después se halla el elemento.

Como material de construcción se usa preferentemente una arena usual para procedimientos para la fabricación de moldes y machos y para procedimientos de deposición, como por ejemplo, arena de cuarzo, arena de silicatos, arena de cromita, arena de olivino o arena de circonio. Sin embargo, puede usarse también otro material particulado suelto adecuado. También puede usarse una mezcla de distintas arenas.

Para la segunda variante del procedimiento descrita anteriormente se usa preferentemente una arena pretratada, por ejemplo una arena Croning, que se encuentra ya prerrevestida con aglutinante.

Los materiales sin tratar tienen la ventaja de que son más económicos que los materiales pretratados con aglutinante.

ES 2 296 659 T3

El tamaño de partículas predeterminado, en el caso de la arena éste es el tamaño de los granos de arena, se halla preferentemente en el intervalo de tamaños de partículas de 90 a 200 μm , en ello preferentemente en el intervalo de 110 a 160 μm . También es posible usar partículas de menor o de mayor tamaño. Sin embargo, las partículas demasiado pequeñas son muy fácilmente influenciadas, por ejemplo, por movimientos del aire, de modo que se dificulta una deposición homogénea de las mismas. Además, las partículas pequeñas reducen la porosidad y afectan así al golpe de gas durante la fundición. Por el contrario, las partículas demasiado grandes conducen a un granulado indeseado (de la superficie) del elemento acabado. Típicamente, el diámetro medio y/o el tamaño medio de las partículas es de aproximadamente 140 μm . en ello, típicamente no todas las partículas son del mismo tamaño, sino que presentan una cierta distribución de tamaños. Para la arena de cuarzo que se emplea preferentemente, con una granulometría media (tamaño de partículas) de 140 μm , por ejemplo, el 5% aproximadamente de los granos tiene un tamaño de 180 μm a 200 μm , el 59% de los granos un tamaño de 125 μm a 180 μm , el 30% de los granos un tamaño de 90 μm a 125 μm y el 1% de los granos un tamaño inferior a 63 μm . Una arena de cuarzo semejante como material de construcción se almacena con una densidad aparente a granel de 1,32 t/m³.

El espesor de capa de las capas individuales de material particulado puede variarse. Espesores de capa inferiores permiten elaborar los detalles constructivos de la pieza que se fabrica con mayor resolución. Sin embargo, para espesores de capa muy reducidos, ya no es posible un aumento de la resolución mediante la reducción del espesor de capa, ya que entonces dicha resolución queda limitada por fluctuaciones del proceso. Por otro lado, los espesores de capa demasiado reducidos conducen a bajas velocidades de producción, ya que son necesarias muchas etapas de deposición de capas. Los espesores de capa superiores aumentan la velocidad de producción alcanzable, pero no son posibles espesores de capa de tamaños discrecionales. Los espesores de capa demasiado elevados dificultan la aplicación homogénea del agente de tratamiento sobre la capa del material particulado, de modo que estas etapas de trabajo requieren más tiempo y la velocidad de producción no aumenta esencialmente al aumentar el espesor de capa o incluso disminuye de nuevo. Además, al usar capas más gruesas solo puede obtenerse una resolución inferior en cuanto a los detalles constructivos de la pieza que ha de producirse. Preferentemente el espesor de capa se halla en el intervalo de 0,15 a 0,3 mm, ya que así, por un lado, puede alcanzarse una velocidad de producción relativamente alta y, por otro lado, puede obtenerse un ensamblaje suficiente entre las capas sucesivas y una resolución suficiente en cuanto a los detalles en el elemento.

El espesor de capa puede variarse en el transcurso de la producción de un elemento. Así, por ejemplo, en las zonas del elemento con pocos detalles constructivos puede elegirse un mayor espesor de capa para aumentar la velocidad de producción. En las zonas del elemento que presentan detalles constructivos complicados y pequeños puede elegirse un espesor de capa inferior, de modo que se aumente aquí la resolución y la precisión de la producción.

El agente de tratamiento se aplica dosificado sobre la capa de material de construcción depositada previamente, de modo que dicho material de construcción sólo se humedece y se evita que se forme una distribución no homogénea del agente de tratamiento con acumulaciones locales del mismo, a causa de las cuales se reduciría la capacidad de rendimiento de un elemento formado según el procedimiento.

El aglutinante o el agente de tratamiento se aplican en una dosis tal que en la capa de partículas queda una porosidad restante, de modo que en el endurecimiento posterior, el endurecedor puede penetrar en el elemento a través de los poros restantes.

La dosis predeterminada del aglutinante se elige preferentemente de modo que la relación de pesos entre el aglutinante y el material de construcción sea inferior al 6 por ciento y, en ello, se halle preferentemente en el intervalo del 2 al 3 por ciento. La cantidad de aglutinante aplicada en relación con la cantidad de material de construcción puede ser diferente de capa a capa.

Para el agente de tratamiento se elige preferentemente una relación de pesos comparable entre el agente de tratamiento y el material de construcción.

Si el elemento es un molde o un macho, la porosidad restante que queda después del endurecimiento en el elemento solidificado ocasiona que los gases que se formen en un proceso de fundición posterior puedan escapar. En este caso, la dosis del aglutinante y/o el agente de tratamiento sigue eligiéndose preferentemente de modo que al usar el molde o el macho para la fabricación de una pieza moldeada a partir de una colada, por un lado, el molde o el macho resistan la presión de la colada mientras ésta todavía no tiene una forma estable y, por otro lado, en el momento en el que la colada ha solidificado parcialmente hasta tal punto que la pieza moldeada tiene esencialmente una forma estable, el aglutinante o el aglutinante y el agente de tratamiento se hayan evaporado al menos en su mayor parte. Entonces, después de que la pieza moldeada ha solidificado, el molde puede simplemente destruirse, de modo que la pieza moldeada puede retirarse del molde sin gran esfuerzo (procedimiento de molde perdido).

El aglutinante o el agente de tratamiento pueden aplicarse en forma líquida.

A este respecto, el aglutinante o el agente de tratamiento líquidos pueden aplicarse en forma de un chorro sobre la capa de partículas. Sin embargo, preferentemente el aglutinante o el agente de tratamiento líquidos se aplican en forma de pequeñas gotas líquidas de aglutinante con un diámetro de gota predeterminado. Aquí, el diámetro de gota predeterminado de las gotitas de aglutinante o el agente de tratamiento se halla preferentemente en el intervalo de diámetros de gota de 50 a 100 μm . Para gotitas cuyo diámetro es inferior a aproximadamente 5 μm , las fuerzas de

ES 2 296 659 T3

rozamiento en el aire frente a la gravedad dejan de ser despreciables, por lo que es difícil depositar las gotitas con fiabilidad sobre la capa de material de construcción. Por el contrario, gotas grandes ocasionan una distribución no homogénea del líquido en la capa de material de construcción.

En este caso, el aglutinante o el agente de tratamiento deberían ser suficientemente fluidos para poderse aplicar en una dosis predeterminada sobre el material de construcción y distribuirse en la capa de partículas mediante las fuerzas capilares que actúan en los espacios huecos entre las partículas, de modo que dichas partículas se humedezcan. Por tanto, al aplicarse, el aglutinante o el agente de tratamiento líquido tienen preferentemente una viscosidad en el intervalo de viscosidad de 1 a 25 mPa.s. Además, el aglutinante puede contener una sustancia colorante, en particular un pigmento colorante, u ocasionar de otra manera una coloración precisa del amontonamiento de polvo, de modo que también puedan fabricarse modelos coloreados. Al usar varios aglutinantes coloreados distintos, cada uno dosificado por separado, pueden construirse mediante mezclas de colores modelos a todo color, también con distintos patrones de color, de manera similar a la técnica del chorro de tinta, lo que es interesante para su aplicación en la fabricación de muestras, a fin de obtener réplicas con la mayor fidelidad al natural posible.

La temperatura a la que se realiza el procedimiento queda predeterminada por las características del material, como por ejemplo, la viscosidad y la temperatura de fusión, de los materiales usados como material de construcción y aglutinante y/o agente de tratamiento. Preferentemente, el procedimiento se realiza a una temperatura en el intervalo de temperaturas de 10 a 40°C. Se prefiere además usar un aglutinante y/o un agente de tratamiento que permitan la realización del procedimiento a temperatura ambiente, de modo que el coste en aparatos no se eleve innecesariamente. Por lo tanto, la viscosidad del aglutinante y/o el agente de tratamiento se hallan preferentemente en el intervalo mencionado de 1 a 25 mPa.s para una temperatura de 20°C.

El aglutinante o el agente de tratamiento pueden estar a temperatura ambiente al aplicarlos o, alternativamente, calentados ligeramente respecto a la temperatura ambiente, para que se reduzca su viscosidad y se facilite la distribución de dichos aglutinante y/o agente de tratamiento en la capa. Como temperatura ambiente se entiende la temperatura en el entorno inmediato del lugar donde se fabrica el elemento, por ejemplo, la temperatura de la atmósfera en el entorno inmediato.

Alternativamente, para potenciar la distribución del aglutinante y/o el agente de tratamiento en la capa, puede calentarse dicha capa en cada caso antes de aplicar el aglutinante o el agente de tratamiento.

Alternativamente a la forma líquida, el aglutinante y/o el agente de tratamiento pueden aplicarse en forma de un polvo fino con partículas de aglutinante o agente de tratamiento de un tamaño de partículas predeterminado. A este respecto, el tamaño de partículas de las partículas de aglutinante o agente de tratamiento debe ser inferior al tamaño de partículas de las partículas del material de construcción, para que las partículas del material de construcción puedan ser humedecidas o envueltas por las partículas del aglutinante y/o el agente de tratamiento. Por ejemplo, una aplicación de materiales finamente pulverulentos se usa satisfactoriamente en las copiadoras, en las que se aplica un tóner en forma de polvo sobre papel, o en las impresoras de sublimación, en las que se aplican colorantes pulverulentos sobre papel. En las copiadoras, el tóner se fija por calor, pero el tóner solamente aplicado y sin fijar ya se adhiere al papel.

El aglutinante o el agente de tratamiento líquidos o pulverulentos pueden aplicarse, por ejemplo, por medio de una técnica denominada sin aire, en la que el aglutinante o el agente de tratamiento puros se presionan a alta presión a través de una boquilla. Alternativamente, el aglutinante o el agente de tratamiento pueden aplicarse por medio de una técnica de aerógrafo, en la que el aglutinante y/o el agente de tratamiento se dirigen a una aguja, de donde son arrastrados por una rápida corriente de aire que se hace pasar por la aguja o, alternativamente, por medio de una técnica de rotación. Alternativamente, el agente de tratamiento puede aplicarse mediante un atomizador ultrasónico, de modo que el agente de tratamiento forma gotitas por medio de una membrana excitada piezoeléctricamente y puede depositarse precisamente sobre el campo de construcción, es decir, el sector predeterminado, por medio de una corriente de aire. Por medio de las técnicas mencionadas, el aglutinante o el agente de tratamiento pueden dosificarse muy precisamente. Alternativamente, el aglutinante o el agente de tratamiento pueden aplicarse por medio de una técnica de serigrafía o por medio de una técnica en la que el aglutinante o el agente de tratamiento se pulverizan a través de una máscara. Alternativamente, un aglutinante y/o un agente de tratamiento pulverulentos pueden espolvorearse.

Preferentemente, para la aplicación del aglutinante o el agente de tratamiento líquidos o pulverulentos se usa un cabezal de impresión de gotas según demanda, por ejemplo con la técnica de inyección por burbuja o la técnica piezoeléctrica, por ejemplo un cabezal de impresión como se conoce, por ejemplo, de las impresoras de chorro de tinta.

En caso de usar un aglutinante o un agente de tratamiento líquidos, dichos aglutinante o agente de tratamiento se aplican con el cabezal de impresión de gotas según demanda, preferentemente con una densidad de líneas de gotitas en el intervalo de 300 a 600 dpi (puntos por pulgada).

Como aglutinante o agente de tratamiento se usa preferentemente al menos un material del grupo de materiales que presenta silicato de sodio, resina fenólica, poliisocianato, poliuretano, resina epoxídica, resina furánica, polímero de poliuretano, peróxido, resina polifenólica y éster de resol.

Como endurecedor puede usarse un gas o un líquido o el vapor de un líquido.

ES 2 296 659 T3

El endurecedor fluido se hace fluir a través del elemento, después de haber depositado todas las capas del elemento que se produce y haberlas tratado con el aglutinante o el agente de tratamiento. A este respecto, el endurecedor penetra en el elemento a través de los poros restantes que quedan después de la aplicación del aglutinante o el agente de tratamiento. De este modo, el aglutinante o el aglutinante tratado con el agente de tratamiento se endurecen por el endurecedor.

A este respecto, el endurecimiento puede acelerarse mediante calentamiento del fluido y/o de la totalidad del elemento. Al usar un vapor para el endurecimiento, en caso de usar un vapor caliente, el calor de dicho vapor puede potenciar y/o acelerar el endurecimiento.

Preferentemente como endurecedor se usa al menos un gas del grupo de gases que presenta dióxido de carbono, dimetiletilamina, trietilamina, dióxido de azufre, formiato de metilo, formaldehído-acetato de dimetilo e isocianato.

A este respecto, el aglutinante y el endurecedor se eligen de manera tan adecuada que forman una combinación de materiales en la que el aglutinante es endurecible por el endurecedor.

En la tabla siguiente se mencionan algunos procedimientos de endurecimiento por gas en sí conocidos, con sus combinaciones de aglutinante y endurecedor, que también pueden aplicarse según la invención.

TABLA 1

Procedimiento	Aglutinante	Endurecedor
CO ₂	silicato de sodio	dióxido de carbono
Caja fría de poliuretano	resina fenólica y poliisocianato	dimetiletilamina o trietilamina
Caja fría plus	poliuretano	dimetiletilamina
SO ₂	resina furánica y peróxido	dióxido de azufre
FRC (endurecimiento por radicales libres)	polímero de poliuretano y peróxido	dióxido de azufre
Pep Set	resina polifenólica y un ácido	formiato de metilo

El procedimiento de caja fría plus se realiza normalmente a una temperatura ligeramente elevada, de 65 a 70°C.

Sin embargo, también son posibles otras combinaciones de materiales. En caso de usar isocianato como aglutinante puede usarse vapor de agua como endurecedor.

El procedimiento según la invención es adecuado para la fabricación de distintos elementos, por ejemplo modelos de diseño o de construcción. Se prefiere la aplicación del procedimiento para la fabricación de un molde o un macho, a este respecto, preferentemente un molde.

A continuación se describe una forma de realización preferida de la invención mediante los dibujos. En los dibujos muestran:

la figura 1a una representación esquemática de un elemento fabricado siguiendo una forma de realización preferida del procedimiento según la invención en sección, al aplicar el aglutinante o el agente de tratamiento; y

la figura 1b el elemento de la figura 1a acabado;

la figura 2 un dispositivo para realizar el procedimiento según la invención, mientras funciona el cabezal dosificador.

La figura 1a muestra una representación esquemática de un elemento fabricado siguiendo una forma de realización preferida del procedimiento según la invención, por ejemplo, un molde o un modelo, en sección al aplicar el aglutinante, a partir de la cual es evidente el principio del procedimiento. Según el procedimiento, para la fabricación de

un elemento se fabrican sucesivamente n capas, s1 a sn. Para ello, primeramente se aplica en una primera etapa una primera capa de material de construcción s1 sobre toda la superficie. Después, en una segunda etapa se aplican el aglutinante o el agente de tratamiento sobre un sector seleccionado t1 (rayado) de la primera capa s1. Estas dos etapas se realizan también sucesivamente para las demás capas s2 a sn. En ello, los sectores ti, tj para las distintas capas si, sj son generalmente diferentes, pero al menos se superponen parcialmente, de modo que se ensamblan firmemente entre sí.

Después de haber aplicado el aglutinante o el agente de tratamiento sobre la última capa, se hace fluir el endurecedor por la totalidad del elemento y así éste se endurece. Como medida de apoyo, puede practicarse el vacío al ensamblaje de capas antes de someterle al flujo de endurecedor. A continuación, se retira el material sin solidificar fuera de los sectores t1 a tn, de modo que queda el elemento acabado que se muestra en la figura 1b.

Para la fabricación de un molde siguiendo el procedimiento según la invención, el material de construcción se aplica como se ha descrito anteriormente. Por el contrario, el aglutinante o el agente de tratamiento se aplican en cada caso en la zona fuera del sector ti, i=1...n. De este modo, en el endurecimiento posterior solidifican estas zonas fuera de ti. Después del endurecimiento del elemento se retira el material particulado sin solidificar en los sectores ti, i=1...n, de modo que queda un elemento con un espacio hueco con la forma de la pieza representada en la figura 1b.

En la figura 2 se muestra un dispositivo para la fabricación de elementos según una forma de realización preferida de la invención. Un dispositivo semejante presenta los siguientes componentes:

una base de construcción 1 desplazable verticalmente,

un cuadro de maniobra,

un dispositivo de aplicación 2 maniobrable por medio del cuadro de maniobra, que puede trasladarse horizontalmente, que puede depositar en capas un material de construcción suelto sobre la base de construcción 1 o una capa precedente hasta obtener una capa de un espesor de capa predeterminado, y

un aparato dosificador 3, maniobrable por medio del cuadro de maniobra, dispuesto sobre un carro 42 y trasladable horizontalmente, que puede aplicar un aglutinante o un agente de tratamiento líquidos o pulverulentos sobre zonas seleccionadas de la capa.

El dispositivo de aplicación 2 para el material de construcción presenta un cajón alargado, abierto por arriba y por abajo, que está diseñado para la recepción del material de construcción y para la aplicación de dicho material de construcción sobre la base de construcción 1 y/o la capa de material de construcción aplicada en último lugar. En la proximidad del borde abierto inferior del cajón 21, que está vuelto hacia la base de construcción 1, está previsto un dispositivo de salida 22 con cuchillas aplicadoras, ajustable en su grado de apertura hasta el cierre. El dispositivo de aplicación 2 puede trasladarse perpendicularmente al sentido longitudinal del cajón 21 desde un extremo de la base de construcción y de vuelta, con velocidad ajustable.

El carro 42 con el aparato dosificador 3 para la aplicación del aglutinante puede trasladarse de la misma manera que el dispositivo de aplicación 2 para el material de construcción. El aparato dosificador 3 puede trasladarse perpendicularmente a la dirección de traslado del carro 42, de modo que en total, el aparato dosificador puede trasladarse en todo el plano sobre la base de construcción.

El procedimiento se realiza por medio de los dispositivos según la forma de realización preferida de la invención de la manera siguiente.

Deposición de la capa de material de construcción

Al comienzo del procedimiento, el dispositivo de aplicación 2 con el cajón 21 relleno con el material de construcción se hallan posicionados en el primer borde de la base de construcción 1, por ejemplo, como se muestra en la figura 2. El dispositivo de salida 22 está cerrado. El dispositivo de salida 22 del cajón 21 se abre, de modo que se deposita una raya de material de construcción sobre la base de construcción. Simultáneamente se traslada el dispositivo de aplicación 2 con velocidad uniforme hasta el borde opuesto de la base de construcción, de modo que la totalidad de la base de construcción 1 se cubre con una capa uniforme de material de construcción. Aquí, el cajón 21 se mueve de tal modo sobre la base de construcción 1 que la capa de material de construcción ya aplicada queda alisada por el borde inferior del cajón 21. A este respecto, la posición vertical de la base de construcción respecto al cajón 21 se ajusta de tal modo que, después del alisado por medio de la cuchilla de aplicación en el borde inferior del cajón 21, la capa de material de construcción presente un espesor de capa predeterminado deseado. A este respecto, la velocidad de traslado y/o el grado de apertura del dispositivo de cierre 22 se eligen preferentemente y se ajustan por medio del cuadro de maniobra de tal modo que al soporte de construcción 1 lleve exactamente la cantidad de material de construcción necesaria para el espesor de capa predeterminado. En el momento que el dispositivo de aplicación 2 ha alcanzado el borde opuesto de la base de construcción, se interrumpe el aporte de material de construcción.

ES 2 296 659 T3

Aplicación del aglutinante o el agente de tratamiento

El dispositivo dosificador 3, preferentemente un cabezal de gotas según demanda, como se conoce de las impresoras de chorro de tinta, se traslada sobre la base de construcción 1 mediante el movimiento del carro 42 respecto al soporte de construcción 1 y mediante el movimiento del cabezal dosificador 3 respecto al carro 42, siguiendo un patrón predeterminado. Simultáneamente el cabezal dosificador 3 expulsa aglutinante o agente de tratamiento. De este modo se genera un patrón de aglutinante o agente de tratamiento en la capa de material de construcción que corresponde a la sección del elemento en el plano de la capa.

Ahora se ha completado esta capa y se genera una segunda capa. Para ello, primeramente la base de construcción 1 se traslada hacia abajo a una distancia discreta del dispositivo de aplicación 2. A continuación, se deposita la segunda capa de material de construcción y se provee de un patrón de aglutinante o agente de tratamiento.

Las demás capas se generan de la misma manera, de modo que se forma el ensamblaje de capas.

Finalmente, el ensamblaje de capas se endurece. Preferentemente, el endurecimiento se realiza de manera análoga a un procedimiento convencional de endurecimiento por gas.

Por ejemplo, después de la deposición de la última capa y de la aplicación del aglutinante sobre la última capa, se retira el ensamblaje de capas del dispositivo de aplicación. A este respecto, la base de construcción puede retirarse junto con el ensamblaje de capas y servir de soporte a dicho ensamblaje de capas. El ensamblaje de capas, dado el caso, junto con la base de construcción, se coloca en una cámara de proceso. Para el endurecimiento del ensamblaje de capas se hace fluir un gas adecuado por la cámara de proceso.

Alternativamente, el dispositivo para la construcción de un elemento se halla integrado en una cámara de proceso, de modo que el ensamblaje de capas puede endurecerse directamente en el dispositivo.

Las capas individuales del ensamblaje de capas tienen ya una suficiente cohesión entre sí antes del endurecimiento, de modo que un ensamblaje de capas sin endurecer puede retirarse sin peligro del dispositivo de aplicación.

Sin embargo, el dispositivo puede presentar también una caja de construcción, en la que se fabrican las capas del ensamblaje de capas de tal modo que a continuación la caja queda rellena por las capas. La caja de construcción sirve de soporte para el ensamblaje de capas y reduce el peligro de que el ensamblaje de capas sin endurecer sufra daños antes del endurecimiento, por ejemplo en el traslado de dicho ensamblaje de capas a una cámara de proceso para su endurecimiento.

REIVINDICACIONES

5 1. Procedimiento para la fabricación de un elemento con la técnica de deposición mediante la construcción de un
ensamblaje de capas que contiene el elemento, a partir de un material particulado que contiene partículas de un tamaño
de partículas predeterminado, depositando el material particulado en amontonamiento poroso en capas formando capas
superpuestas y aplicando dosificadamente sobre un sector predeterminado de cada capa, que puede variar de capa a
capa, un agente de tratamiento en estado fluido antes de la deposición de la capa siguiente, el cual prepara un proceso
de fraguado en el que las partículas se unen firmemente entre sí por medio de un aglutinante, que se halla contenido en
10 el material particulado o que se aplica sobre dicho material particulado, en presencia de un iniciador, **caracterizado**
porque la construcción del ensamblaje de capas se realiza en ausencia del iniciador y el proceso de fraguado se provoca
mediante el aporte del iniciador sólo después de la construcción del ensamblaje de capas.

15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que como agente de tratamiento se usa un aglutinante en forma
de un polvo fluido o un líquido.

20 3. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque se deposita un material particulado cuyas partí-
culas están prerrevestidas con el aglutinante y como agente de tratamiento se usa un agente modificador en forma de
un polvo fluido o un líquido, que modifica la capacidad de reacción para el fraguado del aglutinante en un intervalo
de modificación predeterminado, al que se ajusta selectivamente la efectividad del iniciador, efectuándose la modifi-
cación mediante el aumento de la capacidad de reacción, de modo que el fraguado del aglutinante tiene lugar en el
sector predeterminado, o efectuándose la modificación mediante una reducción de la capacidad de reacción, de modo
que el fraguado del aglutinante tiene lugar fuera del sector predeterminado.

25 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que como iniciador se usa un reactivo material
en forma de un portador térmico o un endurecedor químico fluidos que se hacen fluir o circular por el ensamblaje de
capas construido, o un agente de radiación.

30 5. Procedimiento según las reivindicaciones 2 ó 3, en el que el agente de tratamiento se aplica en forma de gotas
líquidas por el procedimiento de chorro de tinta o por el procedimiento de gotas según demanda.

6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, en el que cada capa se calienta antes de la aplicación del
agente de tratamiento para potenciar su distribución en el material particulado del sector predeterminado.

35 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, en el que como aglutinante en el caso de las reivindica-
ciones 1 y 3, o como agente de tratamiento en el caso de la reivindicación 2, se usa al menos un material del grupo
que presenta silicato de sodio, resina fenólica, poliisocianato, poliuretano, resina epoxídica, resina furánica, polímero
de poliuretano, peróxido, resina polifenólica y éster de resol.

40 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 4 a 7, en el que como endurecedor se usa al menos un gas
del grupo que presenta dióxido de carbono, dimetiletilamina, trietilamina, dióxido de azufre, formiato de metilo,
formaldehído-acetato de dimetilo e isocianato.

9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 4 a 7, en el que como endurecedor se usa un líquido.

45 10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 4 a 7, en el que como endurecedor se usa el vapor de un
líquido.

50 11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 10, en el que para al menos una de las capas se usa una
sustancia colorante, en particular un agente de tratamiento que contiene pigmentos colorantes.

12. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 11, en el que, en el sector predeterminado de al menos
una de las capas, se aplican selectivamente sustancias colorantes, en particular pigmentos colorantes de distinto color.

55 13. Uso del procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 12 para la fabricación de un molde o un macho.

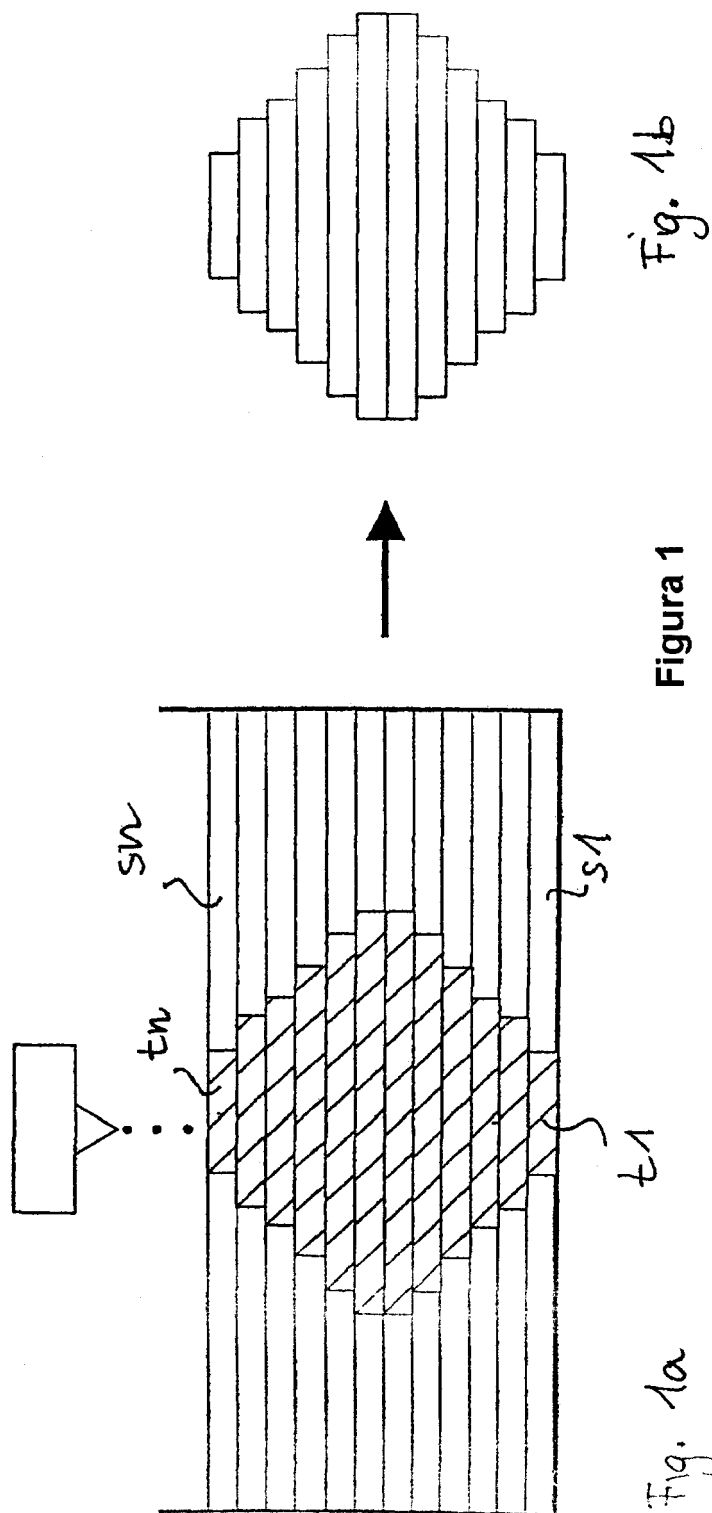


Fig. 1a

Figure 1

Fig. 1b

