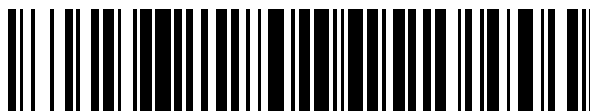


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 785 600**

51 Int. Cl.:

B29C 64/153 (2007.01)

B29C 64/295 (2007.01)

B22F 3/105 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.03.2017 E 17161624 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.02.2020 EP 3222410**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para la fusión/sinterización de partículas de polvo para la producción en capas de objetos tridimensionales**

30 Prioridad:

24.03.2016 DE 102016205053

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

07.10.2020

73 Titular/es:

**EVONIK OPERATIONS GMBH (100.0%)
Rellinghauser Straße 1-11
45128 Essen, DE**

72 Inventor/es:

**GREBE, MAIK;
DIEKMANN, WOLFGANG;
HESSEL-GELDMANN, SIGRID y
KREUTZ, JÜRGEN**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 785 600 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo para la fusión/sinterización de partículas de polvo para la producción en capas de objetos tridimensionales

5 La presente invención se refiere a un procedimiento y a un dispositivo para la fusión/sinterización de partículas de polvo para la producción en capas de objetos tridimensionales.

10 La rápida puesta a disposición de prototipos o series pequeñas es una tarea planteada recientemente con frecuencia. Los procedimientos que posibilitan la misma se llaman prototipado rápido/manufactura rápida, o también procedimientos de fabricación de aditivos, o simplemente también impresión 3D. Son especialmente apropiados procedimientos en los que, mediante fusión y/o solidificación selectiva de materiales pulverulentos, se obtienen las estructuras deseadas en capas. Los procedimientos que trabajan según este principio se reúnen bajo el concepto genérico fusión de lecho de polvo.

15 Un ejemplo de un procedimiento de fusión de lecho de polvo es la sinterización selectiva por láser (SLS). En este procedimiento se irradian polvos en una cámara con un rayo láser durante un tiempo selectivamente corto, mediante lo cual se funden las partículas de polvo que son afectadas por el rayo láser. Las partículas fundidas se difunden entre sí y solidifican de nuevo rápidamente para dar una masa sólida. Mediante exposición reiterada de capas aplicadas una y otra vez, con este procedimiento se pueden producir cuerpos tridimensionales de manera sencilla y rápida.

20 El procedimiento de sinterización por láser para la configuración de cuerpos moldeados a partir de polímeros pulverulentos se describe detalladamente en las solicitudes de patente US 6136948 y WO 9606881 (ambas de DTM Corporation). En la solicitud de patente WO9208566 se describe una calefacción radiante anular con la que se calienta el campo de construcción. En la solicitud de patente DE102005024790 A1 se describe una calefacción radiante con la que se calienta rápidamente el campo de construcción con un elemento radiador de panel, en especial constituido por grafito.

25 En las solicitudes de patente US6531086, EP2177557 A1, DE 102013109162 A1 y EP1740367 se describen otros ejemplos de procedimientos de fusión de lecho de polvo.

30 La temperatura del polímero pulverulento en el lecho de polvo es de significado decisivo para la seguridad del proceso y la calidad de los cuerpos tridimensionales producidos por medio del procedimiento. Una temperatura lo más elevada posible de las partículas en la superficie del lecho de polvo tiene la ventaja de que ya no se debe aportar tanta energía selectivamente, por ejemplo a través del rayo láser. Entonces ya no es necesario un aporte de energía adicional (sinterización posterior) tras la exposición, por ejemplo a través del láser.

35 Además, una temperatura elevada de las partículas de polvo en la superficie del lecho de polvo tiene la ventaja de que se reduce la deformación de la capa de fusión apenas fundida. Una fuerte deformación de la capa de fusión, en especial el arqueado/enrollamiento de los bordes, se denomina habitualmente ondulación. Por lo tanto, para evitar la ondulación, en especial en la elaboración de material polimérico, la temperatura en la superficie del lecho de polvo se regula de modo que la deformación, o bien la ondulación, sea lo más reducida posible, pero el polvo no se sinterice o se funda ya mediante el temperado. Para muchos polvos poliméricos, esta temperatura de proceso se sitúa generalmente solo 10-20°C por debajo del punto de fusión del polvo polimérico. Una capa de polvo aplicada recientemente se debe temperar también del modo más rápido posible para aumentar la velocidad del proceso de construcción. Por lo tanto, según el estado de la técnica, el temperado de la superficie del lecho de polvo se efectúa por medio de elementos de radiación térmica, cuya radiación tiene un máximo de intensidad a una longitud de onda de aproximadamente 1400 nm.

40 Además de las ventajas de una elevada temperatura de proceso citadas anteriormente, también existen inconvenientes decisivos. El envejecimiento del polímero aumenta drásticamente con temperatura creciente. Es habitual que la fabricación por medio de un procedimiento de fusión de lecho de polvo requiera muchas horas. Por consiguiente, se produce una carga térmica elevada para el material polimérico. Las calefacciones radiantes según el estado de la técnica ocasionan que también las capas más inferiores en el lecho de polvo se calienten por medio de la radiación electromagnética, y se expongan de este modo a una carga térmica no deseada.

50 Es tarea de la presente invención la puesta a disposición de un procedimiento mejorado para la producción de objetos tridimensionales, temperándose la superficie del lecho de polvo por medio de la calefacción radiante y evitándose un aporte de energía por medio de radiación en capas más profundas. Además, se debe garantizar un temperado suficientemente rápido y uniforme de la superficie del lecho de polvo.

Sorprendentemente se descubrió que, por medio de elementos de radiación térmica que emiten una radiación, que tienen una intensidad de radiación máxima a una longitud de onda de 5000 nm o longitudes de onda más largas, es

posible un calentamiento rápido de la capa de polvo superior sin calentar excesivamente las capas de polvo subyacentes por medio de radiación electromagnética. En este caso, la capa de polvo superior se define como los 0,5 mm superiores de la carga de polvo del lecho de polvo, independientemente de la magnitud del grosor de capa con el que se aplicó el polvo en capas. La longitud de onda de la intensidad de radiación máxima de los elementos de radiación de calor se determina midiéndose la temperatura de los elementos de radiación térmica (aparato de medición 735-1 con sensores de medición PT100), y después se calcula la longitud de onda en nm con la intensidad de radiación máxima con la ley de desplazamiento de Wien (con $2897800 \text{ nm} \cdot \text{K}$ como constante de Wien). Es objeto de la invención un procedimiento para la producción en capas de objetos tridimensionales según la reivindicación 1, así como un dispositivo según la reivindicación 4.

Se da a conocer un procedimiento para la producción en capas de objetos tridimensionales, bajándose en un primer paso una plataforma de construcción de altura regulable (6) en un marco de construcción (10), y aplicándose sobre la plataforma de construcción (6) una capa de un material solidificable mediante efecto de la radiación electromagnética con un dispositivo (9), alimentándose el material pulverulento por medio de un dispositivo de dosificación de polvo (7). El material pulverulento excedente se empuja a un depósito de rebosamiento (8). En un segundo paso, el material pulverulento se calienta mediante un sistema de calefacción constituido por calefacción radiante (2), dispositivo de medición de temperatura (11) y regulador de temperatura (12). El calentamiento del material polimérico se efectúa por medio de una radiación que tiene una intensidad de radiación máxima a una longitud de onda de 5000 nm o a longitudes de onda más largas. El calentamiento del material pulverulento se efectúa preferentemente por medio de una radiación que tiene una intensidad de radiación máxima a una longitud de onda de 5250 nm o a longitudes de onda más largas, de modo especialmente preferente 6000 nm o longitudes de onda más largas. De modo muy especialmente preferente, el calentamiento del material pulverulento se efectúa por medio de una radiación que tiene una intensidad de radiación máxima a una longitud de onda de 7000 nm o a longitudes de onda más largas. En un tercer paso se funde, o bien se sinteriza selectivamente en los puntos deseados en la superficie del lecho de polvo (3) por medio de una fuente de radiación (1) que emite radiación electromagnética. Estos pasos se repiten hasta que se produce un objeto tridimensional (4) en capas. Una vez concluido el proceso de construcción y tras un enfriamiento de la torta de polvo (5), necesario en caso dado, el objeto tridimensional (4) se puede extraer de la torta de polvo.

En este caso, la longitud de onda de la intensidad de radiación máxima variará menos de 20 %. La longitud de onda de la intensidad de radiación máxima varía preferentemente 10 % como máximo. De modo especialmente preferente, la longitud de onda de la intensidad de radiación máxima varía 5 % como máximo.

Los elementos de radiación térmica con una intensidad de radiación máxima a una longitud de onda de más de 5000 nm se consideran inertes, de modo que un control/regulación de temperatura rápido parece difícilmente posible. Sorprendentemente se descubrió que, mediante la irradiación simultánea de la superficie del lecho de polvo con elementos de radiación térmica de gran superficie desde diferentes direcciones, es posible un temperado rápido del lecho de polvo también con radiación electromagnética con una intensidad máxima a una longitud de onda de 5000 nm o longitudes de onda más elevadas. En este caso, la intensidad de irradiación asciende preferentemente al menos a 2000 W/m^2 , referido a la superficie proyectada verticalmente del lecho de polvo que se debe calentar. La superficie proyectada verticalmente del lecho de polvo corresponde también al área del campo de construcción, que está limitada por el marco de construcción. En este caso, de modo especialmente preferente, la intensidad de irradiación asciende al menos a 3000 W/m^2 , referido a la superficie proyectada verticalmente del lecho de polvo que se debe calentar. En este caso, el área de los elementos de radiación térmica que emiten la radiación electromagnética en la superficie del lecho de polvo asciende al menos a 150 % de la superficie proyectada verticalmente del lecho de polvo que se debe calentar. El área de los elementos de radiación térmica que emite la radiación electromagnética en la superficie del lecho de polvo asciende preferentemente al menos a 200 % de la superficie proyectada verticalmente del lecho de polvo que se debe calentar.

La Fig. 1 muestra la estructura principal de un dispositivo para la producción de objetos tridimensionales. Otro objeto de la presente invención es un dispositivo para la producción en capas de objetos tridimensionales según la reivindicación 4. El dispositivo comprende un marco de construcción (10) con una plataforma de construcción de altura regulable (6), un dispositivo (9) para la aplicación de una capa de un material solidificable mediante efecto de la radiación electromagnética sobre la plataforma de construcción (6), una calefacción radiante (2) y una fuente de radiación electromagnética (1) con la que se funde, o bien se sinteriza selectivamente el material solidificable. La calefacción radiante está constituida por una fuente de calor y elementos de radiación térmica. Una regulación de temperatura está constituida por un dispositivo de medición de temperatura (11) y una unidad de regulación (12). El dispositivo de medición de temperatura está realizado ventajosamente como pirómetro sin contacto.

En este caso, el área de los elementos de radiación térmica (2) que emiten la radiación electromagnética en la superficie del lecho de polvo asciende en total al menos a 150 % de la superficie proyectada verticalmente del lecho de polvo, que está limitada por el marco de construcción (10). De modo especialmente preferente, en este caso, el área de los elementos de radiación térmica que emiten la radiación electromagnética en la superficie del lecho de polvo asciende al menos a 200 % de la superficie proyectada verticalmente del lecho de polvo, que está limitada por el marco de construcción (10). En este caso, el grado de emisión total en el sentido de la normal del área de los elementos de radiación térmica asciende al menos a 0,2. En este caso, el grado de emisión total en el sentido de la

normal del área de los elementos de radiación térmica asciende preferentemente al menos a 0,5. Los elementos de radiación térmica están configurados de modo que el máximo de intensidad de la radiación de los elementos de radiación térmica se sitúa en una longitud de onda de al menos 5000 nm. Los elementos de radiación térmica están configurados preferentemente de modo que el máximo de intensidad de la radiación de los elementos de radiación térmica se sitúa en una longitud de onda de al menos 5250 nm, de modo especialmente preferente de al menos 6000 nm. De modo muy especialmente preferente, los elementos de radiación térmica están configurados de manera que el máximo de intensidad de la radiación de los elementos de radiación térmica se sitúa en una longitud de onda de al menos 7000 nm.

Los elementos de radiación térmica están configurados de modo que el máximo de intensidad de la radiación de los elementos de radiación térmica varía como máximo en 20 %. Los elementos de radiación térmica están configurados preferentemente de modo que el máximo de intensidad de la radiación de los elementos de radiación térmica varía como máximo en 10 %. De modo especialmente preferente, los elementos de radiación térmica están configurados de modo que el máximo de intensidad de la radiación de los elementos de radiación térmica varía como máximo en 20 %. El temperado de los elementos de radiación térmica se puede efectuar, por ejemplo, mediante inducción, convección, conducción térmica o radiación electromagnética a través de una fuente de calor. En este caso, la emisión específica de los elementos de radiación térmica asciende al menos a 500W/m². En este caso, la emisión específica de los elementos de radiación térmica asciende preferentemente al menos a 1000W/m². En el caso de calefacción radiante, las fuentes de calor (14) y los elementos de radiación térmica (13) pueden estar integrados en un componente, o bien las fuentes de calor pueden estar rodeadas completamente por los elementos de radiación térmica, o el elemento de radiación térmica (15) y la fuente de calor (16) se pueden presentar como componentes separados. En una forma de realización preferente, los elementos de radiación térmica se pueden temperar independientemente entre sí para ajustar de manera uniforme la distribución de temperatura en la superficie del lecho de polvo.

Todos los polvos conocidos por el especialista son apropiados fundamentalmente para el empleo en el dispositivo según la invención, o bien del procedimiento según la invención. Son especialmente preferentes polvos de poliamidas, copoliamidas, poliésteres, copoliésteres, polieteramidas y polietercetonas. Son especialmente apropiados polvos poliméricos que tienen un grado de absorción superior a 0,8 a una longitud de onda de 5000 nm. Son muy especialmente apropiados polvos poliméricos que tienen un grado de absorción superior a 0,9 a una longitud de onda de 5000 nm.

Ejemplos

Ejemplo 1 (no según la invención)

Se aplica un polvo de poliamida 12 con los valores característicos indicados en la Tabla 1 en un campo de construcción con las dimensiones 35x35 cm y una superficie de 1225 cm² a temperatura ambiente (23°C), de modo que se produce un lecho de polvo con una altura de 100 mm. Una calefacción radiante, cuyo elemento de radiación térmica emite una radiación que tiene un máximo de intensidad a una longitud de onda de 1400 nm, calienta el lecho de polvo. En este caso, la longitud de onda de la intensidad de radiación máxima varía en más de 30 %. En este caso, el área de los elementos de radiación térmica asciende a 224 cm². Se mide y se protocoliza la temperatura en la superficie del lecho de polvo y a una profundidad de 20 mm en el lecho de polvo. Los resultados se indican en la Tabla 4.

Ejemplo 2 (no según la invención)

Se aplica un polvo polimérico con los valores característicos indicados en la Tabla 1 en un campo de construcción con las dimensiones 35x35 cm y una superficie de 1225 cm², de modo que se produce un lecho de polvo con una altura de 100 mm. Una calefacción radiante con elementos de radiación térmica constituidos por láminas de grafito, que emite una radiación que tiene un máximo de intensidad a una longitud de onda de 2000 nm, calienta el lecho de polvo. En este caso, el área de los elementos de radiación térmica asciende a 775 cm². Se mide y se protocoliza la temperatura en la superficie del lecho de polvo y a una profundidad de 20 mm en el lecho de polvo. Los resultados se indican en la Tabla 5.

Ejemplo 3 (según la invención)

Se aplica un polvo polimérico con los valores característicos indicados en la Tabla 1 en un campo de construcción con las dimensiones 35x35 cm y una superficie de 1225 cm², de modo que se produce un lecho de polvo con una altura de 100 mm. El lecho de polvo se calienta por medio de una calefacción radiante. Los elementos de radiación térmica de la calefacción radiante emiten una radiación que tiene un máximo de intensidad a una longitud de onda de 6200 nm. En este caso, la longitud de onda de la intensidad de radiación máxima varía en menos de 10 %. En este caso, el área de los elementos de radiación térmica asciende a 1852 cm². Se mide y se protocoliza la temperatura en la superficie del lecho de polvo y a una profundidad de 20 mm en el lecho de polvo. Los resultados se indican en la Tabla 6. En este caso, la temperatura en la superficie aumenta de manera claramente más rápida en comparación con los ejemplos

no según la invención. Por el contrario, la temperatura a 20 mm de profundidad aumenta apenas muy lentamente. Por lo tanto, también es posible aumentar la temperatura en la superficie del lecho de polvo sin calentar excesivamente y, por consiguiente, sin someter el polvo a carga térmica en capas de polvo más profundas de manera innecesaria.

Ejemplo 4 (según la invención)

- 5 Se aplica un polvo polimérico con los valores característicos indicados en la Tabla 2 en un campo de construcción con las dimensiones 35x35 cm y una superficie de 1225 cm², de modo que se produce un lecho de polvo con una altura de 100 mm. El lecho de polvo se calienta por medio de una calefacción radiante. Los elementos de radiación térmica de la calefacción radiante emiten una radiación que tiene un máximo de intensidad a una longitud de onda de 5700 nm. En este caso, la longitud de onda de la intensidad de radiación máxima varía en menos de 10 %. En este caso, el área de los elementos de radiación térmica asciende a 2466 cm². Se mide y se protocoliza la temperatura en la superficie del lecho de polvo y a una profundidad de 20 mm en el lecho de polvo. Los resultados se indican en la Tabla 7. En este caso, la temperatura en la superficie aumenta de manera claramente más rápida en comparación con los ejemplos no según la invención. Por el contrario, la temperatura a 20 mm de profundidad aumenta apenas muy lentamente. Por lo tanto, también es posible aumentar la temperatura en la superficie del lecho de polvo sin calentar excesivamente y, por consiguiente, sin someter el polvo a carga térmica en capas de polvo más profundas de manera innecesaria.

Ejemplo 5 (según la invención)

- 20 Se aplica un polvo polimérico con los valores característicos indicados en la Tabla 3 en un campo de construcción con las dimensiones 35x35 cm y una superficie de 1225 cm², de modo que se produce un lecho de polvo con una altura de 100 mm. El lecho de polvo se calienta por medio de una calefacción radiante. Los elementos de radiación térmica de la calefacción radiante emiten una radiación que tiene un máximo de intensidad a una longitud de onda de 5000 nm. En este caso, la longitud de onda de la intensidad de radiación máxima varía en menos de 10 %. En este caso, el área de los elementos de radiación térmica asciende a 2466 cm². Se mide y se protocoliza la temperatura en la superficie del lecho de polvo y a una profundidad de 20 mm en el lecho de polvo. Los resultados se indican en la Tabla 8. En este caso, la temperatura en la superficie aumenta de manera claramente más rápida en comparación con los ejemplos no según la invención. Por el contrario, la temperatura a 20 mm de profundidad aumenta apenas muy lentamente. Por lo tanto, también es posible aumentar la temperatura en la superficie del lecho de polvo sin calentar excesivamente y, por consiguiente, sin someter el polvo a carga térmica en capas de polvo más profundas de manera innecesaria.

Ejemplo 6 (según la invención)

- 30 Se aplica un polvo polimérico con los valores característicos indicados en la Tabla 1 en un campo de construcción con las dimensiones 35x35 cm y una superficie de 1225 cm², de modo que se produce un lecho de polvo con una altura de 100 mm. El lecho de polvo se calienta por medio de una calefacción radiante. Los elementos de radiación térmica de la calefacción radiante emiten una radiación que tiene un máximo de intensidad a una longitud de onda de 7050 nm. En este caso, el área de los elementos de radiación térmica asciende a 1852 cm². En este caso, la longitud de onda de la intensidad de radiación máxima varía en menos de 5 %. Se mide y se protocoliza la temperatura en la superficie del lecho de polvo y a una profundidad de 20 mm en el lecho de polvo. Los resultados se indican en la Tabla 9. En este caso, la temperatura en la superficie aumenta de manera claramente más rápida en comparación con los ejemplos no según la invención. Por el contrario, la temperatura a 20 mm de profundidad aumenta apenas muy lentamente. Por lo tanto, también es posible aumentar la temperatura en la superficie del lecho de polvo sin calentar excesivamente y, por consiguiente, sin someter el polvo a carga térmica en capas de polvo más profundas de manera innecesaria.

40 Tabla 1: valores característicos de poliamida 12

	Valor	Unidad	Tipo de ensayo/aparato de ensayo/parámetros de ensayo
Polímero	Poliamida 12		
Densidad aparente	0,456	g/cm ³	DIN EN ISO 60
Tamaño de grano d50	58	μm	Malvern Mastersizer 2000, medición en seco, se añaden con dosificación 20-40 g de polvo por medio del aparato de dispersión en seco Scirocco. Tasa de alimentación de canal vibratorio 70 %, presión de aire de dispersión 3 bar. El tiempo de medición de la muestra es 5 segundos (500 mediciones individuales), índice de refracción y valor de luz azul determinado con 1,52. Valoración a través de teoría de Mie.
Tamaño de grano d10	32	μm	Malvern Mastersizer 2000, parámetros véase tamaño de grano d50

ES 2 785 600 T3

	Valor	Unidad	Tipo de ensayo/aparato de ensayo/parámetros de ensayo
Tamaño de grano d90	86	µm	Malvern Mastersizer 2000, parámetros véase tamaño de grano d50
<10,48 µm	1	%	Malvern Mastersizer 2000, parámetros véase tamaño de grano d50
BET (superficie específica)	7,1	m ² /g	ISO 9277, Micromeritics TriStar 3000, adsorción de gas de nitrógeno, procedimiento discontinuo volumétrico, 7 puntos de medición a presiones relativas P/PO entre aproximadamente 0,05 y aproximadamente 0,20, calibrado del volumen muerto por medio de He (99,996 %), preparación de muestra 1 h a 23°C + 16 h a 80°C bajo vacío, superficie específica referida a la muestra desgasificada, la valoración se efectúa por medio de determinación multipunto
Punto de fusión, 1 ^{er} calentamiento	187	°C	DIN 53765 DSC 7 v. Perkin Elmer tasa de calefacción/refrigeración 20 K/min
Temperatura de recristalización	139	°C	DIN 53765 DSC 7 v. Perkin Elmer tasa de calefacción/refrigeración 20 K/min
Acondicionamiento de material	El material se almacena antes de tratamiento/análisis 24 h a 23°C y 50 % de humedad del aire.		

Tabla 2: valores característicos de poliamida 106

	Valor	Unidad	Tipo de ensayo/aparato de ensayo/parámetros de ensayo
Polímero	Poliamida 106		
Densidad aparente	0,438	g/cm ³	DIN EN ISO 60
Tamaño de grano d50	66	µm	Malvern Mastersizer 2000, medición en seco, se añaden con dosificación 20-40 g de polvo por medio del aparato de dispersión en seco Scirocco. Tasa de alimentación de canal vibratorio 70 %, presión de aire de dispersión 3 bar. El tiempo de medición de la muestra es 5 segundos (500 mediciones individuales), índice de refracción y valor de luz azul determinado con 1,52. Valoración a través de teoría de Mie.
Tamaño de grano d10	48	µm	Malvern Mastersizer 2000, parámetros véase tamaño de grano d50
Tamaño de grano d90	91	µm	Malvern Mastersizer 2000, parámetros véase tamaño de grano d50
<10,48 µm	1	%	Malvern Mastersizer 2000, parámetros véase tamaño de grano d50
BET (superficie específica)	5,3	m ² /g	ISO 9277, Micromeritics TriStar 3000, adsorción de gas de nitrógeno, procedimiento discontinuo volumétrico, 7 puntos de medición a presiones relativas P/PO entre aproximadamente 0,05 y aproximadamente 0,20, calibrado del volumen muerto por medio de He (99,996 %), preparación de muestra 1 h a 23°C + 16 h a 80°C bajo vacío, superficie específica referida a la muestra desgasificada, la valoración se efectúa por medio de determinación multipunto
Punto de fusión, 1 ^{er} calentamiento	242	°C	DIN 53765 DSC 7 v. Perkin Elmer tasa de calefacción/refrigeración 20 K/min
Temperatura de recristalización	196	°C	DIN 53765 DSC 7 v. Perkin Elmer tasa de calefacción/refrigeración 20 K/min
Acondicionamiento de material	El material se almacena antes de tratamiento/análisis 24 h a 23°C y 50 % de humedad del aire.		

ES 2 785 600 T3

Tabla 3: valores característicos de polvo PEEK

	Valor	Unidad	Tipo de ensayo/aparato de ensayo/parámetros de ensayo
Polímero	PEEK		
Densidad aparente	0,438	g/cm ³	DIN EN ISO 60
Tamaño de grano d50	66	μm	Malvern Mastersizer 2000, medición en seco, se añaden con dosificación 20-40 g de polvo por medio del aparato de dispersión en seco Scirocco. Tasa de alimentación de canal vibratorio 70 %, presión de aire de dispersión 3 bar. El tiempo de medición de la muestra es 5 segundos (500 mediciones individuales), índice de refracción y valor de luz azul determinado con 1,52. Valoración a través de teoría de Mie.
Tamaño de grano d10	48	μm	Malvern Mastersizer 2000, parámetros véase tamaño de grano d50
Tamaño de grano d90	91	μm	Malvern Mastersizer 2000, parámetros véase tamaño de grano d50
<10,48 μm	1	%	Malvern Mastersizer 2000, parámetros véase tamaño de grano d50
BET (superficie específica)	5,3	m ² /g	ISO 9277, Micromeritics TriStar 3000, adsorción de gas de nitrógeno, procedimiento discontinuo volumétrico, 7 puntos de medición a presiones relativas P/PO entre aproximadamente 0,05 y aproximadamente 0,20, calibrado del volumen muerto por medio de He (99,996 %), preparación de muestra 1 h a 23°C + 16 h a 80°C bajo vacío, superficie específica referida a la muestra desgasificada, la valoración se efectúa por medio de determinación multipunto
Punto de fusión, 1 ^{er} calentamiento	242	°C	DIN 53765 DSC 7 v. Perkin Elmer tasa de calefacción/refrigeración 20 K/min
Temperatura de recristalización	196	°C	DIN 53765 DSC 7 v. Perkin Elmer tasa de calefacción/refrigeración 20 K/min
Acondicionamiento de material	El material se almacena antes de tratamiento/análisis 24 h a 23°C y 50 % de humedad del aire.		

Tabla 4: medición de temperatura Ejemplo 1

Momento de la medición en min	Temperatura del punto de medición de capa de polvo superior en °C	Temperatura del punto de medición 20 mm por debajo de la superficie de polvo en °C
0	23	23
0,5	32	24
1	39	25
1,5	44	26
2	51	27
2,5	55	28

Tabla 5: medición de temperatura Ejemplo 2

Momento de la medición en min	Temperatura del punto de medición de capa de polvo superior en °C	Temperatura del punto de medición 20 mm por debajo de la superficie de polvo en °C
0	23	23
0,5	34	24

ES 2 785 600 T3

Momento de la medición en min	Temperatura del punto de medición de capa de polvo superior en °C	Temperatura del punto de medición 20 mm por debajo de la superficie de polvo en °C
1	41	24
1,5	47	25
2	54	26
2,5	60	27

Tabla 6: medición de temperatura Ejemplo 3

Momento de la medición en min	Temperatura del punto de medición de capa de polvo superior en °C	Temperatura del punto de medición 20 mm por debajo de la superficie de polvo en °C
0	23	23
0,5	41	23
1	57	23
1,5	68	23
2	79	24
2,5	90	24

Tabla 7: medición de temperatura Ejemplo 4

Momento de la medición en min	Temperatura del punto de medición de capa de polvo superior en °C	Temperatura del punto de medición 20 mm por debajo de la superficie de polvo en °C
0	23	23
0,5	40	23
1	55	23
1,5	66	24
2	75	24
2,5	86	24

Tabla 8: medición de temperatura Ejemplo 5

Momento de la medición en min	Temperatura del punto de medición de capa de polvo superior en °C	Temperatura del punto de medición 20 mm por debajo de la superficie de polvo en °C
0	23	23
0,5	39	23
1	53	24
1,5	64	24
2	73	24
2,5	83	25

Tabla 9: medición de temperatura Ejemplo 6

Momento de la medición en min	Temperatura del punto de medición de capa de polvo superior en °C	Temperatura del punto de medición 20 mm por debajo de la superficie de polvo en °C
0	23	23
0,5	44	23
1	59	23
1,5	71	23
2	82	23
2,5	94	24

REIVINDICACIONES

1.- Procedimiento para la producción en capas de objetos tridimensionales, estando incluidos los siguientes pasos:

- 5 a) aplicación de una capa de un material pulverulento solidificable mediante efecto de la radiación electromagnética,
- b) calentamiento del material pulverulento hasta un máximo de 10 K por debajo del punto de fusión según la norma DIN 53765 por medio de una radiación de un elemento de radiación térmica cuya intensidad de radiación máxima se sitúa a una longitud de onda de 5000 nm o a longitudes de onda más largas,
- 10 c) fusión, o bien sinterización selectiva de al menos una zona del material pulverulento, que corresponde a la sección transversal del objeto tridimensional,
- d) repetición de los pasos a) a c) hasta la obtención del objeto tridimensional.

2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que la intensidad de irradiación del elemento de radiación térmica asciende al menos a 2000W/m², referido a la superficie proyectada verticalmente del lecho de polvo que se debe calentar.

- 15 3.- Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el área del elemento de radiación térmica asciende al menos a 100 % de la superficie proyectada verticalmente del lecho de polvo que se debe calentar.

- 20 4.- Dispositivo para la producción en capas de objetos tridimensionales, que comprende un marco de construcción (10) con una plataforma de construcción de altura regulable (6), un dispositivo (9) para la aplicación de una capa de un material solidificable mediante efecto de la radiación electromagnética sobre la plataforma de construcción (6), una calefacción radiante (2) y una fuente de radiación electromagnética (1), caracterizado por que están incluidos elementos de radiación térmica (2) cuya superficie, que emite la radiación electromagnética en la superficie del lecho de polvo, asciende al menos a 150 % de la superficie proyectada verticalmente del lecho de polvo, que está limitada por el marco de construcción (10), correspondiendo la superficie proyectada verticalmente del lecho de polvo al área del campo de construcción, y situándose el máximo de intensidad de la radiación de los elementos de radiación térmica en una longitud de onda de al menos 5000 nm.
- 25

5.- Dispositivo según la reivindicación 4, caracterizado por que el área de los elementos de radiación térmica (2) asciende al menos a 200 % de la superficie proyectada verticalmente del lecho de polvo.

- 30 6.- Dispositivo según la reivindicación 4 o 5, caracterizado por que los elementos de radiación térmica (2) están configurados de modo que el grado de emisión total en el sentido de la normal del área de los elementos de radiación térmica asciende al menos a 0,2.

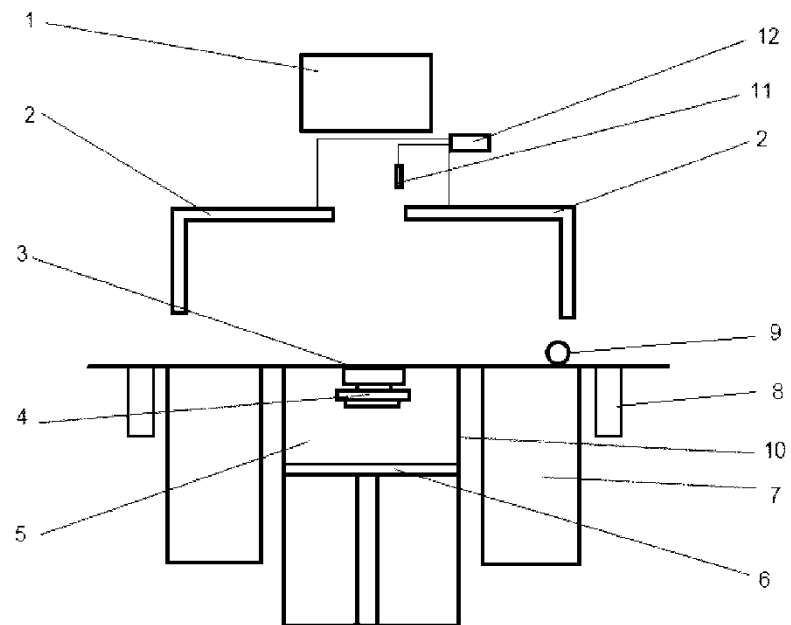


Fig. 1

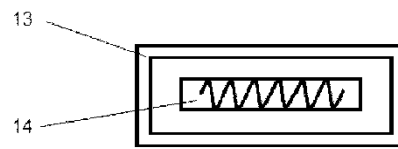


Fig. 2

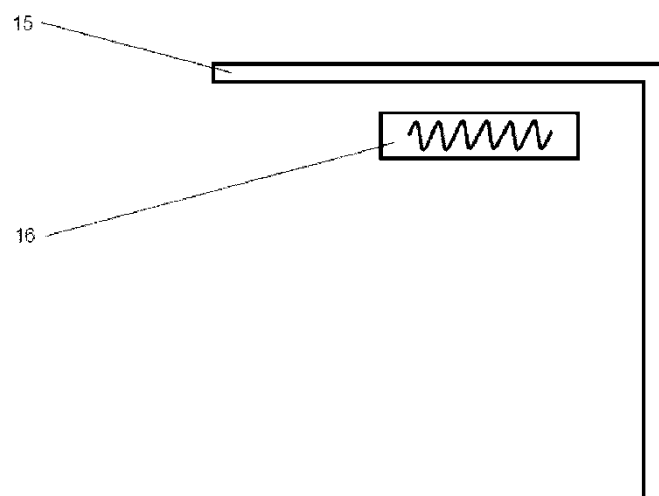


Fig. 3