

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 745 711**

51 Int. Cl.:

B22F 3/105 (2006.01)

B29C 64/153 (2007.01)

B29C 64/20 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.03.2014 PCT/EP2014/056323**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.10.2014 WO14154878**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.03.2014 E 14715877 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.06.2019 EP 2978589**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para producir un objeto tridimensional**

30 Prioridad:

28.03.2013 DE 102013205724

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.03.2020

73 Titular/es:

**EOS GMBH ELECTRO OPTICAL SYSTEMS
(50.0%)**

**Robert-Stirling-Ring 1
82152 Krailling, DE y
MTU AERO ENGINES AG (50.0%)**

72 Inventor/es:

**DOMRÖSE, ROBERT ACHIM;
FREY, MICHAEL;
SCHILLING, ALEXANDER;
DANZIG, ANDRÉ;
HAMANN, JÖRG;
HESS, THOMAS y
DIMTER, MARC**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 745 711 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 producir un objeto tridimensional

La presente invención se refiere a un procedimiento y un dispositivo para producir un objeto tridimensional mediante la solidificación en capas de un material de construcción en los lugares correspondientes al corte transversal del objeto a fabricar en la capa respectiva mediante aporte de energía.

Tales procedimientos se usan, por ejemplo, para la creación rápida de prototipos, la creación rápida de herramientas y fabricación rápida. En el documento DE 195 14 740 C1 se describe un ejemplo de dicho procedimiento, que se conoce con el nombre de "sinterización selectiva por láser o fusión por láser", así como un dispositivo asociado para llevar a cabo el procedimiento. De acuerdo con esta publicación, primero se aplica una capa delgada del material de construcción en polvo por medio de un recubridor y luego se solidifica en los lugares correspondientes al corte transversal respectivo del objeto por la acción de un rayo láser. Estos dos pasos se repiten alternativamente hasta completar el objeto tridimensional a construir.

Por ello, para lograr las propiedades mecánicas del objeto puede ser ventajoso si el rayo láser no siempre escanea los puntos a consolidar en la misma dirección. Por consiguiente, el documento DE 10 2007 014 683 A1 describe un procedimiento para producir un objeto tridimensional, en el que la dirección de las líneas de solidificación sustancialmente paralelas, en las que el láser escanea las porciones de la capa de polvo correspondiente a una sección transversal del objeto a fabricar, se rota de una capa a otra en un ángulo predeterminado. Además, este documento describe un procedimiento en el que la porción de la capa a escanear se subdivide en tiras alargadas y las tiras individuales se exponen mediante escaneo sucesivo con el rayo láser en una dirección transversal a la dirección longitudinal de las tiras.

La irradiación con el rayo láser causa, de acuerdo con el tipo de material usado, en particular al sinterizar o fundir metales, aerosoles, humo y vapores, que se propagan por el espacio de construcción. Para evitar que estos contaminantes precipiten en una ventana de acoplamiento para el rayo láser, DE 198 53 947 A1 propone un espacio de proceso en el que en dos extremos opuestos están dispuestas una entrada de gas protector y una salida de gas protector, a través de las cuales se genera un flujo de gas protector dirigido en la cámara de proceso. Mediante este flujo de gas protector se eliminan los contaminantes de la cámara de proceso. El documento DE 196 49 856 también describe un dispositivo de este tipo en el que se mantiene una atmósfera protectora de gas sobre la zona de interacción del rayo láser con el polvo de material metálico.

Sin embargo, puede suceder que los contaminantes entren en el camino óptico del rayo láser y provoquen un deterioro de la calidad del objeto fabricado por una perturbación del rayo láser. En particular, las propiedades mecánicas del objeto fabricado pueden verse deterioradas. Por lo tanto, el objeto de la presente invención consiste en proporcionar un procedimiento y un dispositivo para producir un objeto tridimensional, que sean capaces de evitar un deterioro de la calidad del objeto fabricado por aerosoles, humo y/o vapores que emergen del material irradiado, y en particular capaces de mejorar las propiedades mecánicas del objeto fabricado.

El objetivo se consigue mediante un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 10 y un programa informático de acuerdo con la reivindicación 15. Los desarrollos adicionales de la invención se especifican en las reivindicaciones subordinadas.

Al hacer coincidir la dirección de escaneo del haz de energía y la dirección del flujo principal del flujo de gas, es posible evitar que los aerosoles, el humo y/o los vapores que emergen del material irradiado entren en la trayectoria óptica del rayo láser y, por lo tanto, afecten negativamente la calidad del objeto fabricado y deterioren sus propiedades mecánicas. Por lo tanto, es posible producir objetos de buena calidad con buenas propiedades mecánicas. Otras características y ventajas de la invención serán evidentes a partir de la descripción de realizaciones a modo de ejemplo con referencia a los dibujos adjuntos.

Fig. 1 es una vista esquemática, parcialmente en corte, de una realización a modo de ejemplo de un dispositivo para la fabricación en capas de un objeto tridimensional, que es adecuado para llevar a cabo la presente invención.

Fig. 2 es una ilustración esquemática del proceso de sinterización por láser de acuerdo con una primera realización de la presente invención.

Fig. 3 es una vista en planta desde arriba esquemática de un plano de trabajo del dispositivo de sinterización láser para ilustrar un procedimiento de exposición de acuerdo con la primera realización.

Fig. 4 es un diagrama esquemático del escaneo de un contorno cerrado de acuerdo con la primera realización.

Fig. 5 es una vista en planta desde arriba esquemática de un plano de trabajo del dispositivo de sinterización láser para ilustrar un procedimiento de exposición de acuerdo con una segunda realización de la presente invención.

Fig. 6 a) y b) son representaciones esquemáticas de dos recorridos alternativos de escaneo de una región a solidificar por un rayo láser de acuerdo con la segunda realización.

Fig. 7 es una ilustración esquemática del curso de escaneo de una región a solidificar por un rayo láser de acuerdo con una tercera realización de la presente invención.

5 Fig. 8 es una vista en planta desde arriba esquemática de un plano de trabajo del dispositivo de sinterización láser para ilustrar un procedimiento de exposición de acuerdo con una cuarta realización de la presente invención.

10 A continuación, se describe una realización a modo de ejemplo de un dispositivo con referencia a la Fig. 1, que es adecuado para llevar a cabo el procedimiento de acuerdo con la invención. El dispositivo que se muestra en la Fig. 1 representa un dispositivo de sinterización o fusión por láser 1. Para construir el objeto 2, contiene una cámara de proceso 3, que está cerrada al exterior a través de una pared de la cámara 4 y sirve como espacio de instalación para el objeto.

15 En la cámara de proceso 3, se monta un recipiente 5 abierto hacia arriba, en el que está dispuesto un soporte 6 con un lado superior sustancialmente plano y paralelo al borde superior del recipiente de construcción. El soporte 6 sirve para soportar el objeto 2 a construir y, como se indica en la Fig. 1 mediante una flecha doble vertical V, se puede mover en la dirección vertical mediante un dispositivo de ajuste de altura (no mostrado). Por ello, el soporte 6 se ajusta en la dirección vertical en cada caso de modo que la parte superior de una capa recién consolidada se ubique en un plano de trabajo 7. En la Fig. 1, el objeto 2 a construir se muestra en un estado intermedio, en el que una pluralidad de capas de material de construcción en polvo ya se ha solidificado selectivamente y el objeto 2 está rodeado por el material de construcción 8 que se ha mantenido sin solidificar.

20 Además, el dispositivo de sinterización láser 1 contiene un depósito 10 para recibir un material de construcción en polvo 11 solidificable por radiación electromagnética y un recubridor 12 para aplicar el material de construcción 11 al plano de trabajo 7. La presente invención es particularmente ventajosa para el material de construcción metálico. El recubridor 12 es móvil en la dirección horizontal paralela al plano de trabajo, como se indica en la Fig. 1 mediante una flecha doble horizontal H.

30 El dispositivo de sinterización láser 1 tiene además un láser 13 que genera un rayo láser 14. El rayo láser 14 es desviado por un dispositivo de desviación 15 y enfocado por un dispositivo de enfoque 16 a través de una ventana de acoplamiento 17 en la pared de la cámara de proceso 3 a un punto predeterminado en o inmediatamente debajo del plano de trabajo 7. Mediante el dispositivo de desviación 15, el curso del rayo láser 14 se puede cambiar para que escanee los puntos correspondientes del corte transversal del objeto 2 a construir de la capa aplicada.

Además, el dispositivo de sinterización láser 1 incluye un dispositivo para generar un flujo de gas 20 que fluye sobre el plano de trabajo 7. Este dispositivo comprende al menos un dispositivo de alimentación 21 para el gas, al menos una boquilla de soplado 22 en un lado del plano de trabajo 7 y al menos una boquilla de succión 23 en un lado opuesto del plano de trabajo 7.

35 Finalmente, se proporciona una unidad de control 24, a través de la cual los componentes del dispositivo se controlan de manera coordinada para llevar a cabo el proceso de construcción. La unidad de control 24 controla entre otros el movimiento vertical V del soporte 6, el movimiento horizontal H del recubridor 12 y el dispositivo de desviación 15. En este caso, la unidad de control 24 controla el dispositivo de desviación 15, de modo que el rayo láser 14 escanee los puntos correspondientes del corte transversal del objeto 2 a construir de la capa aplicada y está apagado u atenuado en los puntos que no se solidificarán. La unidad de control también puede controlar la potencia del rayo láser 14 dependiendo de la geometría del objeto 2 a construir. Opcionalmente, el dispositivo de enfoque 16, la intensidad del láser 13 y el dispositivo para generar el flujo de gas 20 (por ejemplo, activar y desactivar el flujo de gas, su intensidad, dirección, etc.) también son controlados por la unidad de control 24. La unidad de control 24 puede incluir una CPU cuya operación es controlada por un programa informático.

45 A continuación, con referencia a las Fig. 1 y 2, se describirá una operación del dispositivo de sinterización láser 1 de acuerdo con la invención para producir un objeto tridimensional de acuerdo con una primera realización. La Fig. 2 muestra una sección ampliada A, que está enmarcada en la Fig. 1 por una línea discontinua.

50 Para aplicar una capa de polvo, el soporte 6 se baja primero a una altura que corresponde al espesor de capa deseado. Usando el recubridor 12, se aplica una capa del material de construcción en polvo 11. La aplicación se lleva a cabo al menos en toda la sección transversal del objeto a producir, preferentemente en todo el campo de construcción.

55 Posteriormente, la sección transversal del objeto a producir es escaneada por el rayo láser 14, de modo que el material de construcción en polvo 11 se solidifica en estos lugares. El escaneo se puede realizar en diferentes patrones de exposición. Estos patrones de exposición se pueden seleccionar para minimizar la distorsión del objeto que se fabrica. En la primera realización, como se muestra en la Fig. 7a), el patrón de exposición consiste en líneas paralelas entre sí, que se escanean sucesivamente en la misma dirección.

Estos pasos se repiten hasta que se completa el objeto y se puede retirar del espacio de construcción.

Durante el escaneo de la región a solidificar por el rayo láser 14, se genera un flujo de gas dirigido horizontalmente a lo largo del plano de trabajo 7. La dirección de flujo principal RG del flujo de gas 20 está predeterminada por la línea de conexión entre la boquilla de soplado 22 y la boquilla de succión 23.

- 5 Según la presente invención, la dirección de flujo principal RG del flujo de gas G y la dirección de escaneo o direcciones de escaneo RL del rayo láser 14 en la o las que se escanea la capa de polvo aplicada no se seleccionan independientemente entre sí, sino que se sintonizan entre sí.

10 En el ejemplo mostrado en la Fig. 2, se muestra una sección en la que la dirección de escaneo RL del rayo láser 14 va de izquierda a derecha. El rayo láser incide en el plano de trabajo 7 en un punto de impacto 30. Con respecto a la dirección de escaneo RL situada delante del punto de impacto 30 del rayo láser 14, en el plano de trabajo 7 hay material de acumulación en polvo 11, que se derrite o solidifica total o parcialmente cuando es alcanzado por el rayo láser 14. Esto da como resultado una región con material 31 total o parcialmente fundido o solidificado, que se encuentra en su mayor parte con respecto a la dirección de escaneo RL detrás del punto de impacto 30 del rayo láser. Dependiendo del material usado, los aerosoles, el humo y/o los vapores 32 emergen de esta área con material total o parcialmente fundido o solidificado 31.

15 La dirección de flujo principal RG del flujo de gas 20 se muestra en la Fig. 2 de derecha a izquierda. La dirección de escaneo RL corre por lo tanto opuesta a la dirección de flujo principal RG. Como resultado, los aerosoles, humos y vapores 32 que salen del área con material total o parcialmente fundido 31 también se descargan a la izquierda, es decir, lejos del rayo láser 14. Esto puede evitar que los aerosoles, humo y vapores 32 del material que se irradia alcancen la trayectoria óptica del rayo láser 14 y, por lo tanto, afecten la calidad del objeto 2 construido y deterioren sus propiedades mecánicas. Por lo tanto, es posible producir objetos de buena calidad con buenas propiedades mecánicas.

Aunque la orientación opuesta de la dirección de escaneo RL y la dirección de flujo principal RG mostrada en la Fig. 2 proporciona los mejores resultados, la presente invención no se limita a las mismas.

25 La Fig. 3 muestra una vista en planta desde arriba del plano de trabajo 7 del dispositivo de sinterización láser 1 con un sistema de coordenadas. La dirección de flujo principal RG del flujo de gas 20 va en la dirección x positiva. Además, se muestran varios vectores de escaneo por el rayo láser 14 que tiene diferentes direcciones de escaneo RL. En cada caso con el eje x positivo, es decir, con el vector de la dirección de flujo principal RG, estos vectores de escaneo RL forman en el sentido matemáticamente positivo un ángulo γ que puede ir de 22,5° a 337,5°. La disposición descrita con referencia a la Fig. 2 corresponde así a un ángulo de 180° entre el vector de escaneo RL y el vector de flujo principal RG ($\gamma = 180^\circ$). Se pueden lograr muy buenos resultados no solo para este caso, sino también cuando el vector de escaneo RL y el vector de flujo principal RG vistos en la vista en planta desde arriba del plano de trabajo forman un ángulo γ , que está entre 90° y 270° ($90^\circ \leq \gamma \leq 270^\circ$). En este caso, el vector de escaneo RL no tiene ningún componente que apunte en la dirección del vector de flujo principal RG. Sin embargo, incluso en ángulos menores de 90° o mayores de 270°, donde el vector de escaneo RL tiene un componente que apunta en la dirección del vector de flujo principal RG, aún se pueden obtener buenos resultados siempre que el componente perpendicular a la dirección de escaneo RL sea lo suficientemente grande para mantener los aerosoles, el humo y los vapores 32 alejados del rayo láser 14. El intervalo de trabajo (vectores de escaneo mostrados en línea continua en la Fig. 3) se encuentra entre los dos ángulos críticos γ_1 y γ_2 ($\gamma_1 < \gamma < \gamma_2$). Se deben evitar las direcciones de escaneo RL entre 0° y γ_1 o entre γ_2 y 360° (vectores de escaneo en la Fig. 3 mostrados en líneas discontinuas). Los ángulos críticos dependen del tipo de polvo usado, las potencias del láser, el caudal del gas y otros parámetros de funcionamiento del dispositivo. En general, si el ángulo γ entre el vector de escaneo RL y el vector de flujo principal RG en la vista en planta desde arriba del plano de trabajo 7 está entre 22,5° y 337,5°, se puede lograr una mejora suficiente de la calidad del objeto ($22,5^\circ \leq \gamma \leq 337,5^\circ$). Preferentemente, se selecciona un intervalo que está entre 45° y 315° ($45^\circ \leq \gamma \leq 315^\circ$), más preferentemente entre 60° y 300° ($60^\circ \leq \gamma \leq 300^\circ$), incluso más preferentemente entre 90° y 270° ($90^\circ \leq \gamma \leq 270^\circ$). En la Fig. 3, se muestra un ejemplo en el que los ángulos críticos γ_1 y γ_2 se seleccionan en $\gamma_1 = 45^\circ$ y $\gamma_2 = 315^\circ$.

50 De acuerdo con la primera realización, la dirección de flujo principal RG del flujo de gas 20 es fija. Por medio de la unidad de control 24, la dirección de escaneo RL del rayo láser 14 se ajusta a esta dirección de flujo principal RG fija. La sintonización se realiza de modo que, en un patrón de exposición, la dirección de escaneo o las direcciones de escaneo RL se seleccionen de manera que el ángulo entre la dirección de escaneo o las direcciones de escaneo RL y la dirección de flujo principal RG en la vista en planta desde arriba del plano de trabajo 7 satisfaga las relaciones angulares mencionadas anteriormente.

55 La Fig. 4 muestra esquemáticamente un ejemplo del escaneo de un contorno cerrado. El contorno en este ejemplo es un hexágono formado por seis vectores de exposición. La dirección de flujo principal RG va de izquierda a derecha. Normalmente, dicho contorno se escanea de una vez sin apagar o atenuar el rayo láser. En este caso, se escanearía al menos una ruta en la dirección de flujo principal RG, es decir, en un ángulo de $\gamma = 0^\circ$, lo que causa las desventajas descritas anteriormente.

Por ejemplo, de acuerdo con la presente invención, este contorno se puede escanear primero escaneando los vectores de escaneo RL1, RL2 y RL3, apagando o atenuando el rayo láser, y luego escaneando los vectores de escaneo RL4, RL5 y RL6 desde el mismo punto de partida. En este caso, el ángulo γ entre el vector de escaneo RL y la dirección de flujo principal RG está siempre en un intervalo de 90° a 270° . Alternativamente, primero se pueden escanear los vectores de escaneo RL1', RL2', RL3', RL4' y RL5' y después de apagar o atenuar el rayo láser y regresar al punto de partida el vector de escaneo RL6'. En este caso, el ángulo γ entre el vector de escaneo RL y la dirección de flujo principal RG está siempre en un intervalo de 60° a 300° .

Por lo tanto, la invención también puede usarse ventajosamente si el escaneo con el rayo láser no se lleva a cabo solo en una dirección, sino que se usan varias direcciones de escaneo. El principio descrito en relación con la primera realización se puede aplicar a exposiciones de contorno arbitrarias. Por ello, la interrupción y la restauración de una exposición de contorno siempre se llevan a cabo si de lo contrario, se cumple la condición $\gamma < \gamma_1$ o $\gamma > \gamma_2$. También hay varias interrupciones del contorno cerrado posible y la composición de un contorno de más de un recorrido.

Una segunda realización de la presente invención difiere de la primera realización en el patrón de exposición usado. El área a exponer correspondiente a la sección transversal del objeto a producir en una capa se divide en tiras alargadas S que se extienden paralelas entre sí, que se exponen sucesivamente. Dentro de cada tira, la exposición tiene lugar en vectores V paralelos entre sí que son sustancialmente perpendiculares a la dirección longitudinal de la tira. Durante la exposición de la tira S, una progresión del área solidificada por el láser da como resultado una dirección de alimentación RV, es decir, en una dirección en la que los vectores individuales V están expuestos uno tras otro.

La Fig. 5 es una vista en planta desde arriba esquemática del plano de trabajo 7 del dispositivo de sinterización láser 1 para ilustrar el patrón de exposición de la segunda realización. Como en la Fig. 3, la dirección de flujo principal RG del flujo de gas 20 va por lo tanto en la dirección positiva x del sistema de coordenadas. Además, una sola tira S con los vectores V contenidos en ella se muestran a modo de ejemplo para diferentes direcciones de alimentación RV. Estas direcciones de alimentación RV forman un ángulo β con el eje x positivo, es decir con el vector de la dirección de flujo principal RG, en el sentido matemáticamente positivo. En este caso, hay cuatro ángulos críticos que satisfacen la relación $\beta_1 < \beta_2 < \beta_3 < \beta_4$, en el que se evitan los intervalos entre 0° y β_1 y entre β_4 y 360° .

El intervalo de trabajo óptimo está entre los dos ángulos críticos β_2 y β_3 ($\beta_2 \leq \beta \leq \beta_3$). Para que el ángulo γ entre las direcciones de escaneo RL de los vectores individuales V y la dirección de flujo principal se mantengan siempre en los intervalos especificados en la primera realización, el ángulo β se selecciona en un intervalo entre $112,5^\circ$ y $247,5^\circ$ ($112,5^\circ \leq \beta \leq 247,5^\circ$), preferentemente entre 135° y 225° ($135^\circ \leq \beta \leq 225^\circ$), más preferentemente entre 150° y 210° ($150^\circ \leq \beta \leq 210^\circ$).

Dentro de este intervalo, la exposición de las tiras individuales se puede realizar como se muestra en la Fig. 6a. Allí, se muestra una curva, en la que el punto de impacto 30 del rayo láser 14 es guiado sobre una sección del plano de trabajo 7. Las direcciones de escaneo RL de dos vectores adyacentes V son opuestas entre sí. Las regiones de inversión 35 (mostradas en líneas discontinuas en la Fig. 6a) se encuentran fuera de la región de la tira S a exponer. El rayo láser 14 se apaga o se atenúa en estas regiones.

También son muy adecuados los dos intervalos entre los ángulos críticos β_1 y β_2 ($\beta_1 \leq \beta \leq \beta_2$) y entre los ángulos críticos β_3 y β_4 ($\beta_3 \leq \beta \leq \beta_4$). En este caso, para que el ángulo γ entre las direcciones de escaneo RL de los vectores individuales V y la dirección de flujo principal RG se mantenga siempre en los intervalos especificados en la primera realización, la exposición de las tiras individuales se realiza como se muestra en la Fig. 6b. En este caso, todos los vectores V tienen la misma dirección de escaneo RL. El rayo láser permanece apagado después de la desviación en un lado de la tira S o atenuado hasta que ha alcanzado nuevamente el lado opuesto de la tira S y ha sido redirigido nuevamente. La dirección de escaneo RL, que es la misma para todos los vectores V, se elige de modo que tenga un componente en la dirección negativa de X, o en otras palabras, que el ángulo entre las direcciones de escaneo RL de los vectores individuales V y la dirección de flujo principal RG se encuentre entre 90° y 270° . Por supuesto, este tipo de exposición también se puede aplicar en el intervalo entre β_2 y β_3 . Sin embargo, dado que el tipo de exposición que se muestra en la Fig. 6a es más eficiente, se usa preferentemente en el intervalo entre β_2 y β_3 .

Para los dos ángulos críticos β_1 y β_4 , se estiman los mismos valores que se dan en la primera realización para γ_1 y γ_2 , es decir, $22,5^\circ$, preferentemente 45° y más preferentemente 60° para β_1 y $337,5^\circ$, preferentemente 315° y más preferentemente 300° para β_4 .

Mediante los patrones de exposición descritos anteriormente para los diferentes intervalos se asegura que tanto los ángulos γ entre las direcciones de escaneo RL de los vectores individuales V y la dirección de flujo principal RG así como los ángulos β entre las direcciones de avance RV y la dirección de flujo principal RG están en los intervalos angulares indicados en la primera realización.

En lugar de dividir la sección transversal en tiras S alargadas y paralelas entre sí, también es posible dividir las en cuadrados, diamantes u otras formas geométricas que se exponen una tras otra.

Una tercera realización de la presente invención difiere de la primera y segunda realizaciones en el patrón de exposición usado. La Fig. 7 es una ilustración esquemática del curso de escaneo de una región a solidificar por un rayo láser de acuerdo con una tercera realización de la presente invención.

5 En este caso, se aplica primero una capa y se expone como se describe en la primera realización (Fig. 7a). Luego se aplica otra capa y se expone. La dirección de escaneo RL de la segunda capa se rota en un ángulo predeterminado con respecto a la de la primera capa (Fig. 7b). Siguen otras capas, con la dirección de escaneo RL en cada capa girada en un ángulo predeterminado respecto al de la capa anterior (Fig. 7c-7f).

10 La dirección de flujo principal RG del flujo de gas 20 se representa en la Fig. 7 yendo de arriba a abajo. En este caso, en el paso que se muestra en la Fig. 7e), la dirección de flujo principal RG y la dirección de escaneo RL tienen casi la misma dirección. La unidad de control 24 en este caso puede ajustar la dirección de escaneo RL a la dirección de flujo principal RG omitiendo el paso mostrado en la Fig. 7e) y controlando la exposición después del paso mostrado en la Fig. 7d), como se muestra en la Fig. 7f). Alternativamente, la unidad de control 24 puede ajustar la dirección de escaneo RL a la dirección de flujo principal RG para cambiar la dirección de escaneo RL para ese paso, preferentemente expuesto a la dirección de escaneo prevista.

15 Una cuarta realización de la presente invención se refiere a la producción simultánea de una pluralidad de objetos 2 en un recipiente 5. La Fig. 8 es una vista en planta desde arriba esquemática de un plano de trabajo del dispositivo de sinterización láser con varios objetos (2a-2d) ya parcialmente solidificados. Según la invención, en cada capa, preferentemente, primero se exponen los objetos que están dispuestos más lejos en la dirección de la dirección de flujo principal RG (es decir, que están más cerca de la boquilla de succión 23), es decir, en el ejemplo mostrado, el objeto 2a. La secuencia adicional de exposición tiene lugar en contra de la dirección de flujo principal RG, es decir, esto es seguido por el objeto 2b y luego el objeto 2c. Por último, se exponen los objetos que se encuentran menos en la dirección de la dirección de flujo principal RG (es decir, más cerca de la boquilla de succión 23), es decir, el objeto 2d en el ejemplo mostrado. Para la exposición de los objetos individuales, puede usarse cualquiera de los patrones de exposición mencionados en las realizaciones primera a tercera o una combinación de los mismos.

20 Este enfoque puede aplicarse no solo a componentes separados, sino también a secciones transversales separadas del mismo objeto. Del mismo modo, este enfoque se puede aplicar cuando las áreas adyacentes de un área de sección transversal se exponen una por una en sucesión.

25 Las características de las realizaciones descritas se pueden combinar de acuerdo como se desee. Por ejemplo, en la tercera realización, en lugar de exponer líneas individuales como se describe en la primera realización, también se puede emplear la exposición de tiras como se describe en la segunda realización. En este caso, la dirección de alimentación RV luego cambia de capa a capa como se muestra en las Fig. 7a-f. En lugar de omitir una etapa desfavorable descrita en la tercera realización, puede llevarse a cabo el cambio de la dirección de escaneo de los vectores individuales descritos en la segunda realización con referencia a la Fig. 6b.

30 Análogamente a las realizaciones descritas, la presente invención también se puede aplicar a cualquier otro patrón de exposición, por ejemplo, en cuadros de ajedrez o patrones de exposición tipo diamante. También se pueden usar otros patrones o tipos de exposición en la misma capa o sección transversal del objeto, por ejemplo, exposiciones de contorno poligonal que no están ajustadas, por ejemplo, debido a sus parámetros de exposición (densidad de energía, velocidad de desplazamiento, etc.) o posición menos decisiva para las propiedades mecánicas del objeto.

35 La sintonización de acuerdo con la invención entre la dirección de escaneo RL del rayo láser 14 y la dirección de flujo principal RG del flujo de gas 20 no tiene que llevarse a cabo en toda la sección transversal, sino que también puede tener lugar en una región parcial de la sección transversal a consolidar, en la que los requisitos de calidad son particularmente grandes. En otras áreas, por ejemplo, cuando la velocidad de construcción es más importante que las propiedades mecánicas, se puede prescindir de esta sintonización.

40 Si bien la sintonización entre la dirección de escaneo RL del rayo láser 14 y la dirección de flujo principal RG del flujo de gas 20 se logra en las realizaciones anteriores por la unidad de control 24 seleccionando la dirección de escaneo RL correspondientemente para una dirección de flujo principal RG dada, la unidad de control 24 también puede sintonizar la dirección de flujo principal RG en una dirección de escaneo RL predeterminada a esta dirección de escaneo RL. Esto puede realizarse, por ejemplo, cuando una pluralidad de boquillas de soplado 22 y una pluralidad de boquillas de succión 23 están dispuestas en un anillo y, dependiendo de la dirección de flujo principal deseada RG, las boquillas correspondientes se conectan y las otras boquillas se desconectan. Alternativamente, la boquilla de soplado 22 y la boquilla de succión 23 también pueden estar dispuestas en un soporte giratorio, que se rota de acuerdo con la dirección de flujo principal RG deseada. La unidad de control 24 también puede cambiar tanto la dirección de escaneo RL como la dirección de alimentación RV, así como la dirección de flujo principal RG, para que coincidan con ambas.

45 Una interrupción de la exposición, como por ejemplo, en el escaneo del contorno que se muestra en la Fig. 4 o en el curso de exposición que se muestra en la Fig. 6b), no solo se puede lograr apagando o atenuando el rayo láser, sino también escaneando el rayo láser en estos lugares a una velocidad mayor, que es lo suficientemente grande como

para que la entrada de energía por el rayo láser no sea suficiente para solidificar el material de construcción en polvo.

5 Si bien el dispositivo para generar un flujo de gas en las realizaciones anteriores se describe de manera que incluye una boquilla de soplado y una boquilla de succión, también se puede yuxtaponer una pluralidad de boquillas de soplado en un lado del plano de trabajo y una pluralidad de boquillas de succión en el lado opuesto del plano de trabajo. También es posible proporcionar solo una o más boquillas de soplado o solo una o más boquillas o boquillas de succión. El dispositivo puede construirse de modo que el flujo de gas siempre fluya sobre todo el plano de trabajo, o de modo que solo fluya una parte del plano de trabajo.

10 Aunque la presente invención se ha descrito con referencia a un dispositivo de sinterización o fusión por láser, no se limita a la sinterización o fusión por láser. Se puede aplicar a cualquier procedimiento de fabricación de un objeto tridimensional mediante recubrimiento y solidificación selectiva en capas un material de construcción en polvo por la acción de la energía, por ejemplo, también en soldadura por deposición láser. Por lo tanto, por ejemplo, en lugar de un láser, se puede usar un diodo emisor de luz (LED), un conjunto de LED, un haz de electrones o cualquier otra fuente de energía adecuada para solidificar el material de construcción en polvo. En particular, la invención se refiere en general a la fabricación de un objeto completo únicamente mediante el recubrimiento y la solidificación selectiva de un material de construcción en polvo.

15 Como material de construcción, se pueden usar varios tipos de polvo, como es habitual para la sinterización por láser o la fusión por láser, en particular polvo de metal o plástico, o polvos llenos o mezclados.

20 Como gas para la corriente de gas, se usa un gas inerte, por ejemplo, argón o nitrógeno. Sin embargo, la invención también puede aplicarse si, en lugar de un gas inerte, se usa un gas de proceso que reacciona con los materiales involucrados en el proceso, por ejemplo, a una deposición reactiva del material en polvo.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para producir un objeto tridimensional (2) al aplicar en forma de capas y solidificar selectivamente un material de construcción en polvo (11) mediante la acción de la energía, que comprende los pasos de:

5 aplicar una capa del material de construcción en polvo (11) sobre un soporte (6) o sobre una capa previamente aplicada y al menos selectivamente solidificada del material de construcción, escanear los lugares de la capa aplicada que corresponden a una sección transversal del objeto a producir (2) con un haz de energía (14) proveniente de una fuente de energía (13) para la solidificación selectiva del material de construcción en polvo (11) y
 10 conducir una corriente de gas (20) en una dirección de flujo principal (RG) a través de la capa aplicada durante el escaneo con el haz de energía (14),
caracterizado porque la dirección de escaneo (RL) del haz de energía (14) y la dirección de flujo principal (RG) del flujo de gas (20) se corresponden entre sí, al menos en una región de la sección transversal a solidificar, de manera tal que, para una dirección de flujo principal (RG) dada, la dirección de escaneo (RL) se selecciona en consecuencia y/o que, para una dirección de escaneo (RL) dada, la dirección de flujo principal (RG) se ajusta a esta dirección de escaneo (RL),
 15 en donde la dirección de escaneo (RL) del haz de energía (14) y la dirección del flujo principal (RG) del flujo de gas (20) se ajustan una con la otra de manera que el ángulo (γ) entre ellas está en un intervalo de entre 22,5° y 337,5°, preferentemente de entre 45° y 315°, más preferentemente de entre 60° y 300° e incluso más preferentemente de entre 90° y 270°.

20 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la región correspondiente a la sección transversal del objeto (2) a producir se subdivide en una pluralidad de regiones parciales (S) que se exponen sucesivamente, la exposición de cada región parcial se realiza en vectores (V) paralelos entre sí que se exponen sucesivamente en una dirección de alimentación (RV),
 las direcciones de escaneo (RL) de dos vectores adyacentes (V) en la región parcial (S) son opuestas entre sí y
 25 la dirección de alimentación (RV) y la dirección de flujo principal (RG) se ajustan una con la otra de manera tal que el ángulo (β) formado entre ellas se encuentra en un intervalo de entre 112,5° y 247,5°, preferentemente de entre 135° y 225°, más preferentemente de entre 150° y 210°.

3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la región correspondiente a la sección transversal del objeto (2) a producir se subdivide en una pluralidad de regiones parciales (S) que se exponen sucesivamente,
 30 la exposición de cada región parcial se realiza en vectores (V) paralelos entre sí.
 las direcciones de escaneo (RL) de todos los vectores (V) en la región parcial (S) son sustancialmente iguales, la dirección de alimentación (RV) y la dirección del flujo principal (RG) se ajustan una con la otra de manera tal que el ángulo (β) formado entre ellas se encuentra entre 22,5° y 337,5°, preferentemente entre 45° y 315°, más preferentemente entre 60° y 300°,
 35 y la dirección de escaneo (RL) y la dirección de flujo principal (RG) se ajustan una con la otra de modo que el ángulo entre ellas es mayor o igual a 90°.

4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que
 el patrón de exposición de al menos un área en una capa se rota en un ángulo predeterminado en relación con el patrón de exposición de al menos una parte de la capa anterior, y
 40 la dirección de escaneo (RL) y la dirección de flujo principal (RG) se ajustan una con la otra de modo que se omite un patrón de escaneo que no coincide con la dirección de flujo principal (RG) y, en su lugar, se ejecuta el siguiente patrón de escaneo previsto o se cambia la dirección de escaneo (RL), preferentemente opuesta a la dirección de escaneo prevista.

5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que
 45 el patrón de exposición de al menos una región en una capa se rota en un ángulo predeterminado con respecto al patrón de exposición de al menos una región de la capa anterior,
 el área correspondiente al corte transversal del objeto (2) a fabricar se divide en una pluralidad de regiones parciales (S) que se exponen sucesivamente,
 la exposición de cada región parcial se realiza en vectores (V) mutuamente paralelos que se exponen
 50 sucesivamente en una dirección de alimentación (RV), y
 la dirección de escaneo (RL) y la dirección de flujo principal (RG) se ajustan una con la otra de manera que, si en una capa el ángulo (β) entre la dirección de alimentación (RV) y la dirección de flujo principal (RG) se encuentra entre 112,5° y 247,5°, preferentemente entre 135° y 225° y más preferentemente entre 150° y 210°, las direcciones de escaneo (RL) de dos vectores adyacentes (V) en una región parcial (S) en esta capa son mutuamente opuestas.

6. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que
 55 el patrón de exposición de al menos una región en una capa se rota en un ángulo predeterminado con respecto al patrón de exposición de al menos una región de la capa anterior,
 la región correspondiente al corte transversal del objeto (2) a fabricar se divide en una pluralidad de regiones parciales (S) que se exponen sucesivamente,

- la exposición de cada región parcial se realiza en vectores (V) mutuamente paralelos que se exponen sucesivamente en una dirección de alimentación (RV), y la dirección de escaneo (RL) y la dirección de flujo principal (RG) se ajustan una con la otra de manera tal que, si en una capa el ángulo (β) entre la dirección de alimentación (RV) y la dirección de flujo principal (RG) se encuentra entre $22,5^\circ$ y $337,5^\circ$, preferentemente entre 45° y 315° , y más preferentemente entre 60° y 300° , las direcciones de escaneo (RL) de todos los vectores (V) en una región parcial (S) en esta capa son las mismas y esta dirección de escaneo (RL) común y la dirección de flujo principal (RG) se ajustan la una con la otra de modo que el ángulo entre ellas se encuentra entre 90° y 270° .
- 5
7. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el patrón de exposición de al menos una región en una capa se rota en un ángulo predeterminado con respecto al patrón de exposición de al menos una parte de la capa anterior, la región correspondiente al corte transversal del objeto (2) a fabricar se divide en una pluralidad de regiones parciales (S), que se exponen sucesivamente, la exposición de cada región parcial se realiza en vectores paralelos (V), que se exponen sucesivamente en una dirección de alimentación (RV) y la dirección de escaneo (RL) y la dirección de flujo principal (RG) se ajustan una con la otra de modo tal que, si en una capa el ángulo (β) entre la dirección de alimentación (RV) y la dirección de flujo principal (RG) se encuentra entre 0° y 60° o entre 300° y 360° , preferentemente entre 0° y 45° o entre 315° y 360° y más preferentemente entre 0° y $22,5^\circ$ o entre $337,5^\circ$ y 360° , el patrón de exposición se omite y en su lugar se ejecuta el siguiente patrón de exposición previsto o se cambia la dirección de alimentación (RV), preferentemente opuesta a la dirección de alimentación prevista.
- 10
8. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2, 3, 5, 6 y 7, en el que las regiones parciales son tiras (S) alargadas mutuamente paralelas y los vectores mutuamente paralelos (V), en los que tiene lugar la exposición de cada tira, se disponen sustancialmente perpendiculares a la dirección longitudinal de la tira.
- 15
9. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que una pluralidad de regiones parciales contiguas o separadas (2a-2d) del corte transversal a solidificar se exponen sucesivamente y el orden de exposición de las regiones parciales (2a2d) se lleva a cabo contra la dirección de flujo principal RG, de modo que primero se exponen, las regiones parciales (2a) que están dispuestas más lejos en la dirección de la dirección de flujo principal RG, y finalmente se exponen las regiones parciales (2b) que están dispuestas más cerca en la dirección de la dirección de flujo principal RG.
- 20
10. Dispositivo para producir un objeto tridimensional mediante la aplicación capa por capa y la solidificación selectiva de un material de construcción en polvo mediante la acción de la energía, que comprende un soporte (6) sobre el cual se construye el objeto (2), un dispositivo de recubrimiento (12) para aplicar una capa del material de construcción (11) sobre el soporte o al menos una capa previamente solidificada selectivamente del material de construcción, una fuente de energía (13) para introducir un haz de energía (14) en la capa aplicada del material de construcción (11), un dispositivo de escaneo (15, 16) para escanear los lugares de la capa aplicada que corresponden a un corte transversal del objeto (2) a ser producido con el haz de energía (14) para solidificar selectivamente el material de construcción en polvo (11), un dispositivo para generar un flujo de gas (20) en una dirección de flujo principal (RG) sobre la capa aplicada durante el escaneo con el haz de energía (14) y una unidad de control (20) para controlar la aplicación de una capa y la introducción de energía, en donde la unidad de control incluye preferentemente una CPU cuyo funcionamiento es controlable por un programa informático, **caracterizado porque** la unidad de control está adaptada para controlar el dispositivo para llevar a cabo un procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9.
- 25
11. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 10, en el que el dispositivo para generar un flujo de gas (20) comprende al menos una boquilla de soplado (22) y/o al menos una boquilla de succión.
- 30
12. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 11, en el que el dispositivo para generar un flujo de gas (20) incluye una pluralidad de boquillas de soplado (22) y/o la pluralidad de boquillas de succión.
- 35
13. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 12, en el que la pluralidad de boquillas de soplado (22) y/o la pluralidad de boquillas de succión están dispuestas anularmente y pueden cambiarse selectivamente para cambiar la dirección del flujo principal (RG) del flujo de gas (20).
- 40
14. Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, en el que el dispositivo para generar un flujo de gas (20) está dispuesto de forma giratoria para cambiar la dirección del flujo principal (RG) del flujo de gas (20).
- 45
- 50
- 55

15. Un programa informático que es capaz, cuando se ejecuta, de controlar un dispositivo para producir un objeto tridimensional (2) al aplicar en forma de capas y solidificar selectivamente un material de construcción en polvo (11) mediante la acción de la energía de tal manera que lleva a cabo un procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9.

Fig. 1

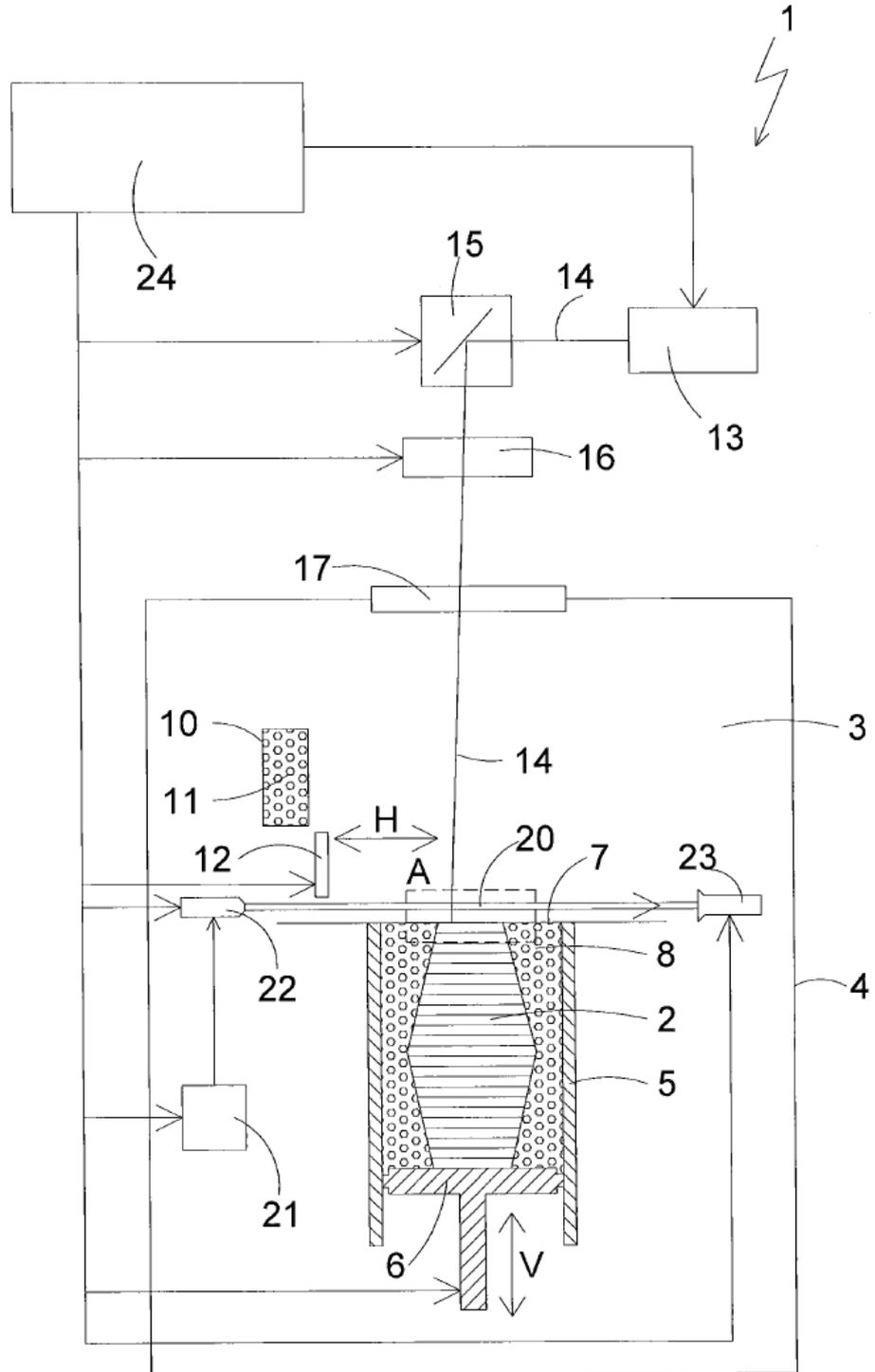


Fig. 2

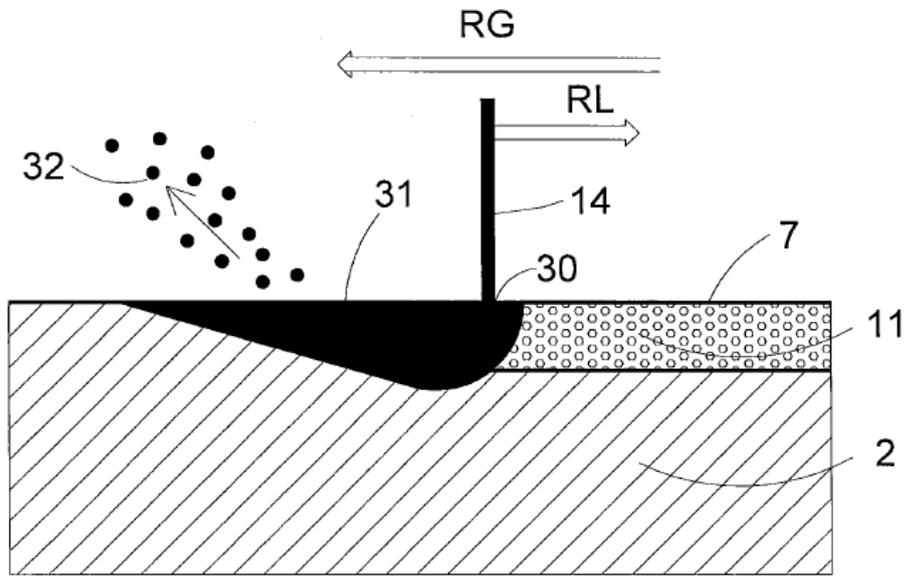


Fig. 3

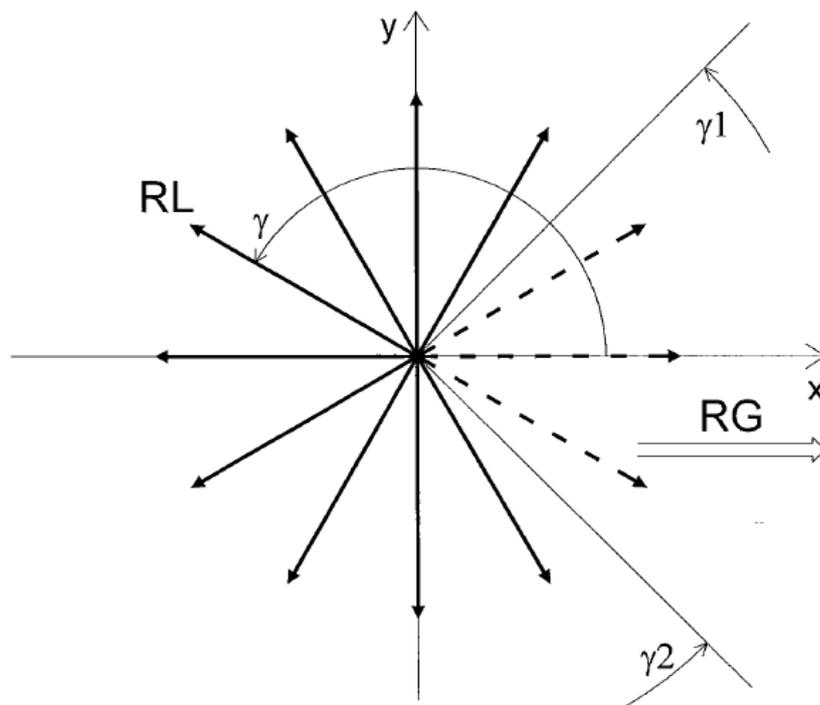


Fig. 4

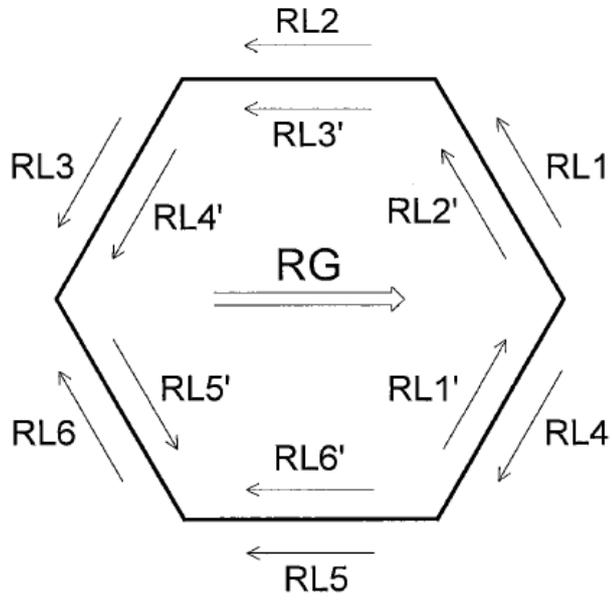


Fig. 6

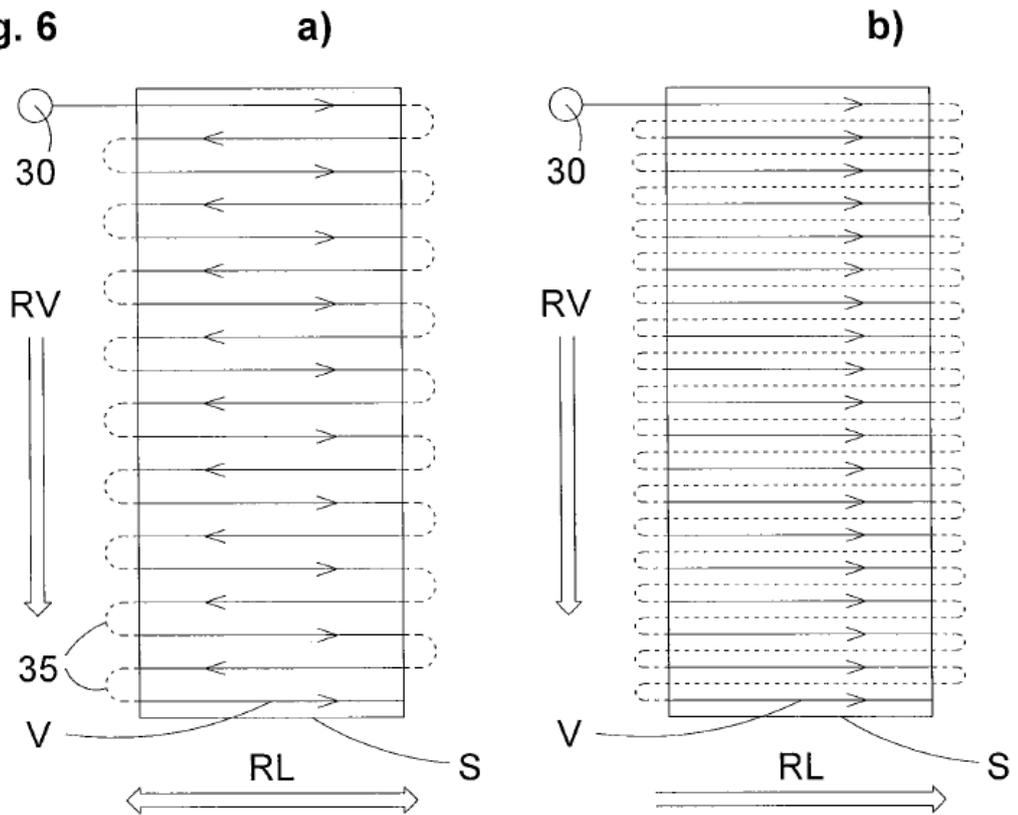


Fig. 5

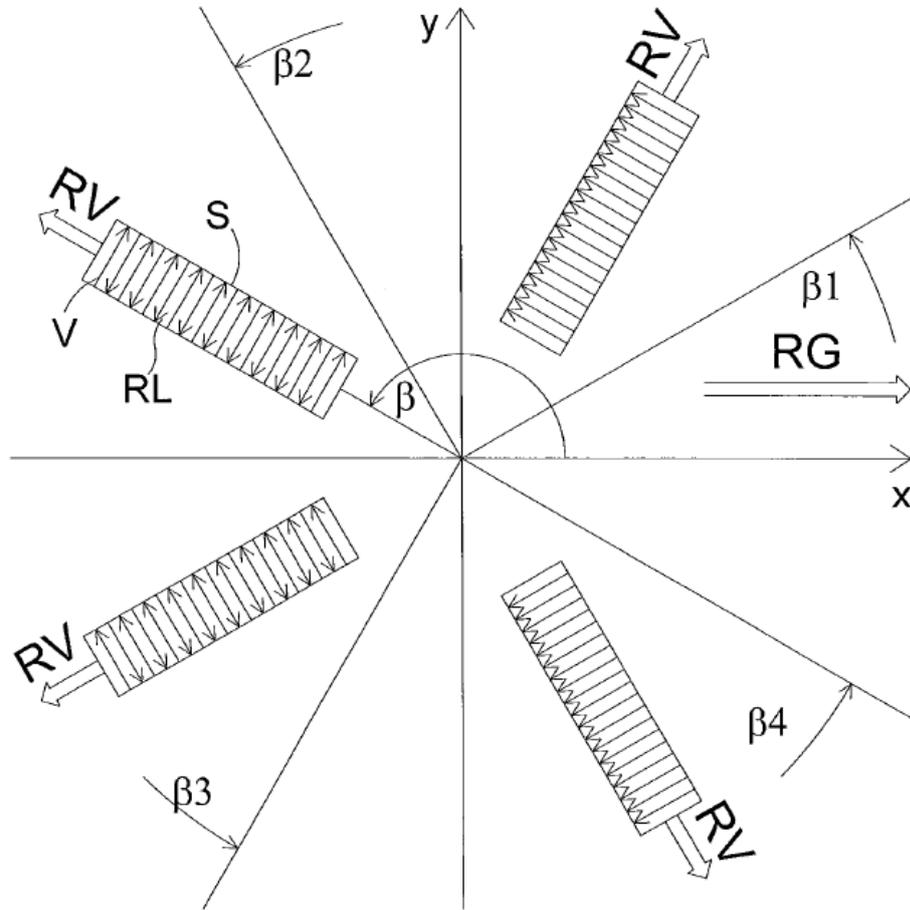


Fig. 8

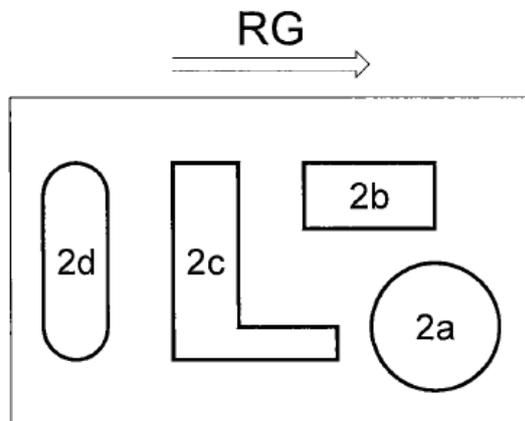


Fig. 7

