

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 874 473**

51 Int. Cl.:

B33Y 70/00 (2010.01)

B29C 64/10 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.03.2018** **E 18160389 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.05.2021** **EP 3375608**

54 Título: **Polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida y dispositivo para un objeto de fabricación de forma libre sólida**

30 Prioridad:

17.03.2017 JP 2017052666

11.01.2018 JP 2018002827

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

05.11.2021

73 Titular/es:

RICOH COMPANY LTD. (100.0%)
3-6, Nakamagome 1-chome, Ohta-ku
Tokyo 143-8555, JP

72 Inventor/es:

IIDA, SOHICHIROH;
YAGUCHI, SHIGENORI;
IWATSUKI, HITOSHI;
SUZUKI, YASUO;
TAMOTO, NOZOMU;
HIGUCHI, SHINZO;
SAITO, AKIRA;
YAMASHITA, YASUYUKI y
KAMODA, KIICHI

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 874 473 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

Polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida y dispositivo para un objeto de fabricación de forma libre sólida

5

Antecedentes**Campo técnico**

- 10 La presente invención se refiere a un polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida y un dispositivo para la fabricación de un objeto de fabricación de forma libre sólida.

Descripción de la técnica relacionada

- 15 La fabricación aditiva en polvo es un método de fabricación de solidificación capa por capa aplicando un láser o un aglutinante a un material pulverulento.

El método de aplicación de un láser se denomina fusión en lecho de polvo (PBF, por sus siglas en inglés) que incluye métodos conocidos tales como un método de sinterización selectiva por láser (SLS, por sus siglas en inglés) de formación de un objeto de fabricación de forma libre sólida con irradiación selectiva de haces de láser y un método de sinterización selectiva con máscara (SMS, por sus siglas en inglés) de aplicación de haces de láser de forma plana usando una máscara. El método de uso de un aglutinante incluye, por ejemplo, chorro de aglutinante, que incluye descargar tinta que contiene una resina aglutinante mediante chorro de tinta, etc. para formar un objeto de fabricación de forma libre sólida.

25

De éstos, un dispositivo que emplea el método de PBF irradia selectivamente una capa delgada de polvo de metal, cerámica o resina con haces de láser para fundir el polvo y hacer que se adhiera entre sí para formar una capa y repite esta operación para laminar secuencialmente la capa para obtener un objeto de fabricación de forma libre sólida (objeto 3D).

30

En la actualidad, se usan habitualmente resinas de poliamida en el método de PBF. En particular, se usa preferentemente poliamida 12 porque tiene un punto de fusión relativamente bajo entre las poliamidas, sufre una menos contracción por calor y tiene una absorbencia de agua escasa.

- 35 Además, la demanda de fabricación no solo de prototipos, sino también de productos, ha ido aumentando, de manera que se ha previsto la investigación y el desarrollo y el lanzamiento de diversos tipos de resinas.

El documento WO 2009/135521 A2 desvela fibras para producir un cuerpo moldeado que consiste en capas interconectadas de acuerdo con un método de fabricación de forma libre sólida. Las partículas de fibra se obtienen mediante el corte de fibras que tienen un diámetro preferentemente en el intervalo de 0,01 a 0,1 μm , para dar partículas que tienen una relación diámetro-longitud de preferentemente 0,5 a 3. Las fibras están hechas de materiales termoplásticos tales como polipropileno (PP) o tereftalato de polietileno (PET). Las fibras pueden tener forma circular, elíptica o irregular.

Sumario

- De acuerdo con la presente invención, se proporciona un polvo de resina mejorado para la fabricación de una forma libre sólida que incluye partículas de resina que tienen una forma significativamente de tipo columnar incluyendo partículas de resina que tienen una porción cóncava en la superficie lateral circunferencial, en donde el polvo de resina tiene un ángulo de reposo de 55 grados o inferior.

50

Breve descripción de las varias vistas de los dibujos

- Otros diversos objetos, características y ventajas consiguientes de la presente invención se apreciarán de forma más completa a medida que la misma se comprenda mejor a partir de la descripción detallada cuando se considere en relación con los dibujos adjuntos, en los que los caracteres de referencia similares designan piezas correspondientes similares en todos ellos y en donde:

55

la FIG. 1A es un diagrama que ilustra una vista esquemática en perspectiva de un ejemplo de una partícula de resina que tiene una forma significativamente de tipo columnar que tiene una porción cóncava en su superficie lateral circunferencial;

60

la FIG. 1B es un diagrama que ilustra una vista lateral de la partícula de resina que tiene una forma significativamente de tipo columnar ilustrada en la FIG. 1A; y

la FIG. 2A es un diagrama que ilustra una vista esquemática en perspectiva de un ejemplo de la partícula de resina que tiene una forma significativamente de tipo columnar;

65

la FIG. 2B es un diagrama que ilustra una vista lateral de la partícula de resina que tiene una forma

significativamente de tipo columnar ilustrada en la FIG. 2A;

la FIG. 2C es un diagrama que ilustra una vista lateral de un ejemplo de la partícula de resina que tiene una forma significativamente de tipo columnar que no tiene ningún ápice en los extremos;

La FIG. 3 es un diagrama esquemático que ilustra un ejemplo del método de medición de un ángulo de reposo;

La FIG. 4 es un diagrama esquemático que ilustra un ejemplo del dispositivo para fabricar un objeto de fabricación de forma libre sólida para su uso en el método de fabricación de un objeto de forma libre sólida; y

la FIG. 5A es un diagrama esquemático que ilustra un ejemplo del proceso de formación de una capa de polvo que tiene una superficie lisa;

la FIG. 5B es un diagrama esquemático que ilustra un ejemplo del proceso de formación de una capa de polvo que tiene una superficie lisa;

la FIG. 5C es un diagrama esquemático que ilustra un ejemplo del proceso de goteo de un material líquido para la fabricación de una forma libre sólida;

la FIG. 5D es un diagrama esquemático que ilustra un ejemplo del proceso de formación de una nueva capa de polvo de resina en un tanque de almacenamiento de polvo para la fabricación de una forma libre sólida;

la FIG. 5E es un diagrama esquemático que ilustra un ejemplo del proceso de formación de una nueva capa de polvo de resina en un tanque de almacenamiento de polvo para la fabricación de una forma libre sólida; y

la FIG. 5F es un diagrama esquemático que ilustra un ejemplo del proceso de goteo de un material líquido para la fabricación de una forma libre sólida de nuevo.

Los dibujos adjuntos tienen por objeto representar realizaciones de ejemplo de la presente invención y no deben interpretarse como que limitan el alcance de la misma. Los dibujos adjuntos no han de considerarse dibujados a escala a menos que se indique explícitamente. De igual manera, los números de referencia idénticos o similares designan componentes idénticos o similares a lo largo de las distintas vistas.

Descripción de las realizaciones

En la descripción de las realizaciones ilustradas en los dibujos, se emplea terminología específica en aras de la claridad. Sin embargo, no se pretende que la divulgación de la presente memoria descriptiva se limite a la terminología específica seleccionada de este modo y ha de entenderse que cada elemento específico incluye todos los equivalentes técnicos que tienen una función similar, se operan de manera similar y consiguen un resultado similar.

Como se usan en el presente documento, las formas en singular "un", "una", "el" y "la" también tienen por objeto incluir las formas en plural, a menos que el contexto indique claramente otra cosa.

Por otra parte, formación de imágenes, registro, impresión, modelado, etc. en la presente invención tienen el mismo significado, a menos que se especifique otra cosa.

Polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida

El polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida (en lo sucesivo en el presente documento, polvo de resina) de la presente invención contiene partículas de resina que tienen una forma significativamente de tipo columnar, incluyendo partículas de resina que tienen una porción cóncava en su superficie lateral circunferencial, en donde el polvo de resina tiene un ángulo de reposo de 55 grados o inferior, y otros componentes opcionales.

El polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida de la presente invención se fabricó sabiendo que, normalmente, sin añadir un fluidificante, el polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida transmitía una suavidad escasa a la superficie del polvo durante el recubrimiento de una capa de polvo y degradaba la propiedad de la superficie de un objeto de fabricación de forma libre sólida obtenido.

Es preferible que el polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida de la presente invención no contenga significativamente ninguna partícula inorgánica. "No contenga significativamente ninguna partícula inorgánica" significa que la cantidad de partículas inorgánicas sea inferior al 0,05 por ciento en masa y, preferentemente, del 0 por ciento en masa (límite de detección o inferior) con respecto a la cantidad total del polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida.

Partícula de resina que tiene forma significativamente de tipo columnar

La partícula de resina que tiene una forma significativamente de tipo columnar tiene una porción cóncava formada a lo largo de la dirección circunferencial en el sitio significativamente central de la superficie lateral circunferencial.

La partícula de resina que tiene una forma significativamente de tipo columnar incluye una base y una superficie superior con una forma de tipo columnar o una forma tubular. La forma de la base o la superficie superior no tiene ningún límite particular y puede seleccionarse de manera conveniente para que se adapte a una aplicación particular. Por ejemplo, se permite una partícula de resina que tenga una forma significativamente cilíndrica (forma significativamente circular de tipo columnar) o una forma poligonal de tipo columna. La partícula de resina que tiene una forma significativamente cilíndrica incluye un artículo que tiene una base circular o elipsoidal y una superficie

superior, y la partícula de resina que tiene una forma poligonal de tipo columna incluye un artículo que tiene, por ejemplo, una base cuadrada o hexagonal y una superficie superior. Siempre que la porción entre una base y una superficie superior tenga un área de tipo columnar o un área tubular, la forma de la base y la forma de la superficie superior no son necesariamente iguales. Además, se permiten partículas de resina que tengan un elemento sólido recto en el que la porción de columnar (superficie lateral) es ortogonal a la base o a la superficie superior o un elemento sólido inclinado en el que la porción de columnar (superficie lateral) no es ortogonal a la base o a la superficie superior.

El polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida contiene la partícula de resina que tiene una forma significativamente de tipo columnar y que tiene una porción cóncava formada a lo largo de la dirección circunferencial en el sitio significativamente central de la superficie lateral circunferencial. Por lo tanto, el polvo tiene un ángulo de reposo pequeño y una buena suavidad de la superficie del polvo durante el recubrimiento. Como resultado, puede potenciarse adicionalmente la propiedad de la superficie de un objeto de fabricación de forma libre sólida obtenido.

Como la partícula de resina que tiene una forma significativamente de tipo columnar, en términos de productividad y estabilidad de fabricación, es preferible un artículo cercano a una partícula de resina sólida recta que tenga una base y una superficie superior significativamente paralelas entre sí. La forma de la partícula de resina que tiene una forma significativamente de tipo columnar puede observarse y determinarse mediante, por ejemplo, un microscopio electrónico de barrido (S4200, fabricado por Hitachi Ltd.), un analizador de tamaño y forma de partículas de proceso en húmedo (FPIA-3000, fabricado por Sysmex Corporation), etc.

La porción cóncava formada a lo largo de la dirección circunferencial en el sitio significativamente central de la superficie lateral circunferencial en la partícula de resina, que tiene una forma significativamente de tipo columnar y que tiene una porción cóncava formada a lo largo de la dirección circunferencial en el sitio significativamente central de la superficie lateral circunferencial, representa una porción que tiene un diámetro menor que los de la base y de la superficie superior como se ilustra en las FIG. 1A y 1B. La FIG. 1A es un diagrama que ilustra una vista esquemática en perspectiva de un ejemplo de la partícula de resina que tiene una forma significativamente de tipo columnar y que tiene una porción cóncava formada a lo largo de la dirección circunferencial en el sitio significativamente central de la superficie lateral circunferencial. La FIG. 1B es un diagrama que ilustra una vista lateral de la partícula de resina que tiene una forma significativamente de tipo columnar ilustrada en la FIG. 1A. Una porción cóncava 100 se forma al menos parcialmente en el sitio significativamente central de la superficie lateral circunferencial de la partícula de resina que tiene una forma significativamente de tipo columnar y preferentemente en la totalidad de la superficie lateral circunferencial. Se permite que el sitio significativamente central esté en cualquier lugar entre la base y la superficie superior y la porción cóncava 100 puede estar en contacto con la superficie superior de la base.

Además, la porción cóncava 100 puede formar una forma de constricción conectada de forma suave y continua a la superficie superior y a la base. La partícula de resina que tiene una forma significativamente de tipo columnar tiene la porción cóncava 100 formada a lo largo de la dirección circunferencial, en el sitio significativamente central de la superficie lateral circunferencial. Por lo tanto, la partícula de resina tiene un área de contacto menor con otras partículas, de manera que la resistencia de las partículas disminuya, mejorando de este modo la fluidez de la partícula de resina. Además, para disminuir adicionalmente la resistencia de las partículas y mejorar la fluidez, la partícula preferentemente no tiene ninguna punta en los extremos.

Como polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida, es preferible que solo contenga el polvo de resina que tiene una forma significativamente de tipo columnar. Sin embargo, el polvo de resina puede contener otras partículas opcionales y otros componentes opcionales.

Partícula de resina que tiene forma significativamente cilíndrica

No existe ningún límite específico para la forma significativamente cilíndrica. Puede seleccionarse de manera conveniente para que se adapte a una aplicación particular. Por ejemplo, son preferibles las partículas de resina que tienen una forma cilíndrica verdadera y las partículas de resina que tienen una forma de tipo cilíndroide. De éstas, son preferibles las partículas de resina que tienen una forma más cercana a la forma cilíndrica verdadera. Además, la forma significativamente cilíndrica (significativamente circular) de la partícula de resina que tiene una forma significativamente cilíndrica tiene una relación del eje mayor con respecto al eje menor de 1 a 10 y también incluye un artículo que tiene una porción parcialmente astillada.

La partícula de resina que tiene una forma significativamente cilíndrica tiene preferentemente planos significativamente circulares enfrentados entre sí. El tamaño de los círculos enfrentados entre sí puede no ser idéntico. Sin embargo, la relación de diámetro del círculo grande con respecto al círculo pequeño es preferentemente de 1,5 o inferior y más preferentemente de 1,1 o inferior, para aumentar la densidad.

El lado largo de la base de la partícula de resina que tiene una forma significativamente cilíndrica no tiene ningún límite particular y puede seleccionarse de manera conveniente para que se adapte a una aplicación particular. Por ejemplo, es preferentemente de 5 a 200 μm . El lado largo de la base en la partícula de resina que tiene una forma significativamente cilíndrica significa el diámetro de la base. Cuando la porción circular de la partícula de resina que tiene una forma significativamente cilíndrica es una elipse, el lado largo significa el eje mayor. La altura (longitud entre

la base y la superficie superior) de la forma significativamente cilíndrica no tiene ningún límite particular y puede seleccionarse de manera conveniente para que se adapte a una aplicación particular. Por ejemplo, la altura es preferentemente de 5 a 200 μm . Cuando el lado largo de la base está dentro del intervalo, puede reducirse el vuelo del polvo de resina que se produce durante la formación de una capa de polvo. Como resultado, la superficie de la

La partícula de resina puede tener un lado largo de la base y una altura inferior a 5 μm o superior a 200 μm . Sin embargo, la relación de contenido de dichas partículas de resina es preferentemente menor. Para ser más específicos, la proporción de las partículas que tienen un lado largo de la base y una altura de 5 a 200 μm es preferentemente del 50 por ciento o superior y más preferentemente del 75 por ciento o superior con respecto a todas las partículas.

Es preferible que el lado largo de la base y la altura en la partícula de resina que tiene una forma significativamente cilíndrica estén más próximos entre sí. Por ejemplo, la relación de la altura con respecto al lado largo de la base de la partícula de resina es preferentemente de 0,5 a 2,0, y más preferentemente de 0,7 a 1,5. En el intervalo especificado anteriormente de la relación de la altura con respecto al lado largo de la base de la partícula de resina, cuando se forma una capa de un polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida durante la fabricación de una forma libre sólida, hay menos huecos y el polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida tiende a estar densamente empaquetado. Esto es eficaz para potenciar la resistencia y la precisión de las dimensiones de un objeto de fabricación de forma libre sólida obtenido.

La partícula de resina que tiene una forma significativamente de tipo columnar tiene una forma de tipo columnar que tiene una base y una superficie superior. Las formas preferibles no tienen ninguna punta en los extremos. La punta significa una porción en ángulo que existe en la forma de tipo columnar. Por ejemplo, la FIG. 2A es un diagrama que ilustra una vista esquemática en perspectiva de un ejemplo de la partícula de resina que tiene una forma significativamente de tipo columnar. La FIG. 2B es una vista lateral de la partícula de resina que tiene una forma significativamente de tipo columnar ilustrada en la FIG. 2A. En este caso, la forma de tipo columnar tiene una forma rectangular con cuatro porciones en ángulo, es decir, puntas (ápices). La FIG. 2C es un diagrama que ilustra un ejemplo de una forma sin dichas puntas. Puede comprobarse si una partícula de resina que tiene una forma significativamente de tipo columnar tiene una punta mediante una imagen proyectada de la superficie lateral de la partícula de resina. Por ejemplo, la superficie lateral de una partícula de resina que tiene una forma significativamente de tipo columnar se observa mediante un microscopio electrónico de barrido (S4200, fabricado por Hitachi Ltd.), etc. para obtener una imagen bidimensional de la misma. En este caso, la imagen proyectada tiene cuatro lados. Cuando la porción formada por dos lados adyacentes se define como una parte terminal, si la parte terminal está formada por solo dos líneas rectas adyacentes, se forma un ángulo de manera que la partícula tenga una punta. Si la parte terminal es de arco como se ilustra en la FIG. 2C, no se forma ninguna punta.

Una partícula de resina de este tipo que tiene una forma significativamente de tipo columnar tiene un ángulo de reposo menor, la se potencia fluidez y mejora adicionalmente la suavidad de la superficie del polvo de un objeto de fabricación de forma libre sólida. Es decir, esto es extremadamente adecuado para mejorar la propiedad de la superficie de un objeto de fabricación de forma libre sólida.

Es más preferible que, como polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida, la proporción de la partícula de resina que tiene una forma significativamente de tipo columnar y que tiene una porción cóncava formada a lo largo de la dirección circunferencial en el sitio significativamente central de la superficie lateral circunferencial sea alta. Específicamente, la proporción de la partícula de resina que tiene una forma significativamente de tipo columnar y que tiene una porción cóncava formada a lo largo de la dirección circunferencial en el sitio significativamente central de la superficie lateral circunferencial con respecto a toda la partícula de resina que tiene una forma significativamente de tipo columnar, es preferentemente del 50 por ciento o superior, más preferentemente del 75 por ciento o superior y, en particular, preferentemente del 90 por ciento o superior. A la proporción del 50 por ciento o superior, la fluidez del polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida se potencia de manera que, sin un fluidificante, la suavidad de la superficie del polvo durante el recubrimiento se vuelve excelente y la propiedad de la superficie de un objeto de fabricación de forma libre sólida puede mejorar.

Puede determinarse si la partícula de resina que tiene una forma significativamente de tipo columnar tiene una porción cóncava formada a lo largo de la dirección circunferencial en el sitio significativamente central de la superficie lateral circunferencial, por ejemplo, tal como se ha descrito anteriormente, mediante la observación del polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida con un microscopio electrónico de barrido (S4200, fabricado por Hitachi Ltd.), etc. para obtener imágenes bidimensionales y calcular la proporción de la partícula que tiene una porción cóncava formada a lo largo de la dirección circunferencial en el sitio significativamente central de la superficie lateral circunferencial con respecto a toda la partícula de resina que tiene una forma significativamente de tipo columnar a partir de las imágenes bidimensionales. Por ejemplo, las imágenes bidimensionales de 10 campos de visión se obtienen mediante el método descrito anteriormente para obtener la proporción de la partícula de resina que tiene una forma significativamente de tipo columnar y que tiene una porción cóncava formada a lo largo de la dirección circunferencial en el sitio significativamente central de la superficie lateral circunferencial con respecto a toda la

partícula de resina que tiene una forma significativamente de tipo columnar, seguido de un promedio para su determinación.

- 5 La partícula de resina que tiene una forma significativamente de tipo columnar y que tiene una porción cóncava formada a lo largo de la dirección circunferencial en el sitio significativamente central de la superficie lateral circunferencial no tiene necesariamente formas significativamente cilíndricas o formas poligonales de tipo columna netas, sino que puede incluir una forma que tiene una porción terminal prolongada, una forma aplastada o una forma retorcida o curvada.
- 10 Para cambiar la partícula de resina, que tiene una forma significativamente de tipo columnar en el polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida, en la partícula de resina que tiene una forma significativamente de tipo columnar y que tiene una porción cóncava formada a lo largo de la dirección circunferencial en el sitio significativamente central de la superficie lateral circunferencial, se puede aplicar cualquier método capaz de aplicar una fuerza física a la partícula de resina que tiene una forma significativamente de tipo columnar. Por ejemplo, es posible usar un dispositivo de procesamiento conocido que utilice pulverización mecánica de rotación de alta velocidad o impacto de alta velocidad o un molino de bolas.
- 15

Ángulo de reposo

- 20 El ángulo de reposo del polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida es de 55 grados o inferior. A un ángulo de reposo de 55 grados o inferior, puede asegurarse la fluidez del polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida y puede potenciarse la suavidad de la superficie del polvo durante el recubrimiento.
- 25 El ángulo de reposo es, tal como se ilustra en la FIG. 3, un ángulo 13 formado entre la superficie del suelo y la pendiente de una montaña que forma un polvo de resina 12' para la fabricación de una forma libre sólida sobre una base 14 cuando un polvo de resina 12 para la fabricación de una forma libre sólida cribado mediante un tamiz 10 cae libremente desde un embudo 11 a la base 14. El ángulo de reposo es un índice de fluidez de un polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida y un ángulo de reposo menor indica una mayor fluidez. El polvo en un dispositivo para la fabricación de una forma libre sólida se alisa mediante un rodillo de rotación para formar capas aditivas. Aunque el polvo de resina que tiene buena fluidez puede formar una superficie lisa, el polvo de resina que tiene una fluidez escasa forma una superficie rugosa sobre las capas. Esto tiene una repercusión adversa en la textura de la superficie de un objeto de fabricación de forma libre sólida final, de manera que se deteriora la propiedad de la superficie del mismo.
- 30
- 35 El ángulo de reposo puede medirse, como se ilustra en la FIG. 3, midiendo el ángulo 13 mediante el tamiz 10 (basado en el formato JIS Z8801-1-2000, diámetro de abertura de 125 µm) y un dispositivo de medición del peso específico aparente (Z-2504, fabricado por "Kuramochi Kagaku Kikai Seisakusho") que incluye el embudo 11 y la base 14. El tamiz 10 está dispuesto por encima del dispositivo de medición de peso específico y se hace pasar el polvo que ha de medirse, y el polvo se acumula en la plataforma 14. Como diámetro de peso específico aparente, se usa un artículo que se ajusta a un diámetro de abertura de 2,5 mm del embudo 11, y la base 14 que tiene una forma de tipo columnar que tiene un diámetro de 30 mm está dispuesta debajo del embudo 11. El polvo de resina 12 para la fabricación de una forma libre sólida se carga en el tamiz 10 desde arriba y se hace pasar a través del embudo 11 y forma una montaña del polvo de resina 12' para la fabricación de una forma libre sólida sobre la base 14. El polvo de resina 12 para la fabricación de una forma libre sólida se carga en una cantidad de manera que al menos el polvo de resina 12' para la fabricación de una forma libre sólida se derrama sobre la base 14 y desde el lado puede constatarse la forma de un cono. El ángulo de reposo se mide mediante una captura de imágenes usando una cámara. La cámara se dispone a 60 mm de la base 14 (desde el objetivo) y a la misma altura que la superficie superior de la base 14 (basada en la altura del objetivo). A continuación, se registra la superficie lateral de la montaña mediante la cámara. El ángulo formado por la superficie de la base y la pendiente de la montaña es el ángulo de reposo. Este ángulo se calcula a partir de la imagen obtenida usando trigonometría. La medición se realiza dos veces y el promedio se determina como el ángulo de reposo.
- 40
- 45
- 50

Circularidad Promedio

- 55 La circularidad promedio del polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida es preferentemente de 0,80 o superior, más preferentemente de 0,83 o superior y además preferentemente de 0,85 o superior en el intervalo de tamaño de partícula de 0,5 a 200 µm. El límite superior de la circularidad promedio es preferentemente de 1,0 o inferior y más preferentemente de 0,98 o inferior. La circularidad promedio es un índice del grado de circularidad y la circularidad promedio de 1 significa un círculo verdadero. Para determinar la circularidad promedio, la circularidad se obtiene en primer lugar mediante la siguiente relación 1, donde S representa un área (número de píxeles) y L representa un perímetro. La media aritmética de la misma se obtiene como la circularidad promedio.
- 60

$$\text{Circularidad} = 4\pi S/L^2 \quad \text{Relación 1}$$

- 65 La circularidad promedio puede obtenerse fácilmente mediante, por ejemplo, digitalización basada en la medición usando un analizador del tamaño y la forma de las partículas del tipo de flujo de proceso en húmedo (FPIA-3000,

- fabricado por Sysmex Corporation). Este analizador del tamaño y la forma de las partículas de tipo de flujo de proceso en húmedo toma imágenes de partículas a alta velocidad en una suspensión líquida que fluye en una célula de vidrio mediante un dispositivo acoplado por carga (CCD, por sus siglas en inglés) y analiza las imágenes de las partículas individuales en tiempo real. Este dispositivo, que es capaz de tomar imágenes de dichas partículas y analizar las imágenes, es adecuado para obtener la circularidad promedio. El número de recuentos de medición de las partículas no tiene ningún límite particular y es preferentemente de 1.000 o superior, y más preferentemente de 3.000 o superior.
- 5
- Diámetro de partícula en volumen acumulativo del 50 por ciento
- 10 El espesor de la capa de polvo en un dispositivo de fabricación de forma libre sólida que emplea fabricación aditiva en polvo es preferentemente de aproximadamente 5 a aproximadamente 500 μm y más preferentemente de aproximadamente 50 a aproximadamente 200 μm .
- 15 El diámetro de partícula en volumen acumulativo del 50 por ciento del polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida es preferentemente de 5 a 200 μm y más preferentemente de 20 a 150 μm en términos de estabilidad de dimensiones.
- 20 Dentro del intervalo especificado anteriormente para el diámetro de partícula en volumen acumulativo del 50 por ciento (D_{50}), puede reducirse el vuelo del polvo de resina que se produce durante la formación de una capa de polvo. Como resultado, la superficie de la capa de polvo se vuelve lisa. Además, pueden reducirse los huecos entre el polvo de resina, potenciando de este modo adicionalmente la propiedad de la superficie de un objeto de fabricación de forma libre sólida.
- 25 El diámetro de partícula en volumen acumulativo del 50 por ciento puede medirse mediante, por ejemplo, un analizador del tamaño y la forma de las partículas de tipo de flujo de proceso en húmedo (FPIA-3000, fabricado por Sysmex Corporation) o un dispositivo de medición de la distribución de tamaños de partícula (microtrac MT3300 EXII, fabricado por MicrotracBEL Corp).
- 30 La proporción de la partícula de resina que tiene una forma significativamente de tipo columnar es preferentemente del 50 por ciento o superior, más preferentemente del 75 por ciento o superior y del 90 por ciento o superior con respecto al contenido total del polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida. Cuando la proporción es del 50 por ciento o superior, la densidad de empaquetamiento puede aumentar significativamente, lo que es extremadamente eficaz para potenciar la precisión de las dimensiones y la resistencia de un objeto de fabricación de forma libre sólida obtenido. La proporción de la partícula de resina que tiene una forma significativamente de tipo columnar puede obtenerse, por ejemplo, recogiendo polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida, observándolo con el microscopio electrónico de barrido (MEB) y contando el número de la partícula de resina que tienen una forma significativamente de tipo columnar y que tienen un lado largo de la base y una altura de 5 a 200 μm con respecto al número de todas las partículas de las imágenes de MEB obtenidas.
- 35
- 40 Fluidificante
- El fluidificante cubre parcial o totalmente la superficie del polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida para mejorar la fluidez del polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida. Un fluidificante de este tipo cubre la superficie del polvo de resina para que surta efecto. Algunos de ellos pueden estar incrustados en el polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida.
- 45
- Un ejemplo del fluidificante es una partícula inorgánica.
- 50 La partícula inorgánica no tiene ninguna limitación específica y se selecciona de manera conveniente para que se adapte a una aplicación particular. Por ejemplo, se pueden utilizar titanía, óxido de cinc, alúmina, sílice e hidroxipatita.
- 55 El diámetro de partícula promedio en volumen de la partícula inorgánica no tiene ningún límite particular y puede seleccionarse de manera conveniente para que se adapte a una aplicación concreta. Por ejemplo, el diámetro de partícula promedio en volumen es preferentemente inferior a 10 μm . El diámetro de partícula promedio en volumen puede medirse mediante el uso, por ejemplo, de un analizador del tamaño de partícula (FPIA-3000, fabricado por Sysmex Corporation).
- 60 La proporción de la partícula inorgánica como fluidificante es preferentemente inferior al 0,05 por ciento en masa, más preferentemente inferior al 0,03 por ciento en masa y, en particular, preferentemente del 0 por ciento en masa (límite de detección o inferior) con respecto a la masa total del polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida. Cuando la proporción es inferior al 0,05 por ciento en masa, el fluidificante no se descompone durante la fabricación, de manera que puede evitarse que permanezca en un objeto de fabricación de forma libre sólida como impureza, evitando de este modo el deterioro de la resistencia y la pureza de un objeto de fabricación de forma libre sólida.
- 65 Como partícula de resina que tiene una forma significativamente de tipo columnar del polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida, son preferibles artículos próximos a la monodispersión formados como una

entidad colectiva que tiene una altura uniforme sin desviación en cuanto a la forma y el tamaño. Debido a esto, pueden mejorarse adicionalmente la precisión de las dimensiones y la resistencia de un objeto de fabricación de forma libre sólida.

5 Específicamente, la relación de diámetro de partícula (Mv/Mn) del diámetro de partícula promedio en volumen (Mv) del polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida con respecto al diámetro de partícula promedio en número (Mn) del polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida es preferentemente de 2,00 o inferior, más preferentemente de 1,5 o inferior y, en particular, preferentemente de 1,2 o inferior.

10 El diámetro de partícula promedio en volumen Mv del polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida es preferentemente de 5 a 200 μm y más preferentemente de 20 a 100 μm .

El diámetro de partícula promedio en número Mn del polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida es preferentemente de 2,5 a 200 μm y más preferentemente de 10 a 100 μm .

15 El diámetro de partícula promedio en volumen (Mv) y el diámetro de partícula promedio en número (Mn) pueden medirse usando un instrumento de medición de la distribución del tamaño de partícula (Microtrac MT3300EXII, fabricado por MicrotracBEL Corp.).

20 **Peso específico**

El peso específico del polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida es preferentemente de 0,8 o superior. Cuando el peso específico es de 0,8 o superior, es posible evitar la aglomeración secundaria de las partículas durante el recubrimiento. En cambio, el peso específico es preferentemente de 3,0 o inferior para satisfacer las necesidades de peso ligero como sustituto de metal. El peso específico puede obtenerse midiendo el peso específico real. El peso específico real se obtiene midiendo la densidad de una muestra midiendo la masa de la misma a partir del volumen de la muestra. El volumen se obtiene cambiando el volumen y la presión del gas (gas He) a una temperatura constante usando un picnómetro de proceso en seco (AccuPyc 1330, fabricado por Shimadzu Corporation) utilizando un método de reemplazo en fase gaseosa.

30 Como resina para su uso en la partícula de resina que tiene un polvo de forma significativamente de tipo columnar, es preferible usar una resina termoplástica. La resina termoplástica se plastifica y se funde cuando se aplica calor. De la resina termoplástica, es preferible una resina cristalina. La resina cristalina tiene un pico de fusión medido de acuerdo con la norma ISO 3146 (método de medición de temperatura de transición plástica, formato JIS K7121).

35 El polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida tiene preferentemente un punto de fusión de 100 grados C o superior, medido de acuerdo con la norma ISO 3146. Es preferible que el punto de fusión del polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida medido de acuerdo con la norma ISO 3146 sea de 100 grados C o superior, ya que cubre el intervalo de la temperatura de resistencia al calor para exteriores de los productos, etc. El punto de fusión puede medirse de acuerdo con la norma ISO 3146 (método de medición de temperatura de transición plástica, formato JIS K7121) usando un calorímetro diferencial de barrido (CDB). Cuando existe una pluralidad de puntos de fusión, se usa el punto de fusión del lado de la temperatura más alta.

45 Como resina cristalina, es preferible una resina termoplástica de cristal controlado. Como resina termoplástica cristalina, por ejemplo, puede obtenerse mediante un método conocido utilizando estímulos exteriores tales como tratamiento térmico, estiramiento, material nuclear cristalino y tratamiento con ondas ultrasónicas. Son preferibles resinas termoplásticas cristalinas que tengan un tamaño de cristal y una orientación cristalina controlados en términos de que pueda reducirse el error que se produce durante el recubrimiento.

50 El método de fabricación de la resina termoplástica cristalina no tiene ningún límite particular y puede seleccionarse de manera conveniente para que se adapte a una aplicación particular. Por ejemplo, se calienta el polvo de resina que tiene una fabricación de forma libre sólida hasta la temperatura de transición vítrea o superior de cada resina y, posteriormente, se somete a recocido para aumentar la cristalinidad o a la adición de un agente nucleador de cristales para aumentar adicionalmente la cristalinidad antes del recocido. De igual manera, es conveniente usar un tratamiento de ondas ultrasónicas o disolver una resina en un disolvente y evaporarlo lentamente para potenciar la cristalinidad. Por otra parte, resultan adecuados un método de aplicación de un campo eléctrico externo para hacer crecer cristales y un método de procesamiento tal como la pulverización y el corte de un artículo estirado adicionalmente para una cristalización y una orientación mayores.

60 En el recocido, por ejemplo, la resina se calienta a una temperatura 50 grados superior a la temperatura de transición vítrea de la misma durante tres días y, posteriormente, se enfría lentamente a la temperatura ambiente.

65 En el dibujo, por ejemplo, usando una extrusora, la resina fundida se estira en forma fibrosa mientras se agita a temperaturas superiores al punto de fusión en 30 grados C o más. Para ser específicos, una resina fundida se estira a de aproximadamente 1/1 a aproximadamente 1/10 para obtener una fibra. La forma de la sección transversal de la fibra puede determinarse por la forma del orificio de la boquilla de la extrusora. En la presente invención, cuando la

partícula de resina que tiene una forma significativamente de tipo columnar es una partícula de resina que tiene una forma significativamente cilíndrica, se usa un orificio de boquilla de forma circular. En el caso de una forma poligonal de tipo columna, se usa un orificio de boquilla que tiene una forma poligonal de tipo columna. Se espera que la productividad aumente en proporción al número de boquillas. En cuanto al estiramiento, la relación de estiramiento máxima puede cambiarse dependiendo de la viscosidad de la resina y de la masa fundida.

En la aplicación de ondas ultrasónicas, por ejemplo, se añade el disolvente glicerina (calidad de reactivo, fabricado por Tokyo Chemical Industry Co. Ltd.) a una resina en una cantidad cinco veces superior a la de la resina, seguido de calentamiento a una temperatura 20 grados C superior al punto de fusión. Posteriormente, se aplican ondas ultrasónicas a los mismos mediante un generador de ultrasonidos (ultrasonicator UP200S, fabricado por Hielscher Ultrasonics GmbH) a una frecuencia de 24 KHz y una amplitud del 60 por ciento durante dos horas. A continuación, se aclara el producto resultante con un disolvente de isopropanol a temperatura ambiente, preferentemente seguido de un secado al vacío.

Como aplicación de campo eléctrico externo, por ejemplo, después de calentar un polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida a la temperatura de transición vítrea o superior, se aplica un campo eléctrico alterno (500 Hz) de 600 V/cm al polvo de resina durante una hora, seguido de un enfriamiento lento.

En el método de fusión en lecho de polvo (PBF), es preferible una gran diferencia de temperatura (ventana de temperatura) de aproximadamente el cambio de capa cristalina para evitar el comado, potenciando de este modo la estabilidad de fabricación. Para obtener esta gran diferencia de temperatura, es preferible usar un polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida que tenga una diferencia mayor entre la temperatura de inicio de la fusión y la temperatura de recristalización durante el enfriamiento. La resina termoplástica cristalina mencionada anteriormente es particularmente preferible.

La resina termoplástica cristalina puede determinarse para cumplir al menos una de las siguientes relaciones (condiciones) (1) a (3).

(1): $T_{mf1} > T_{mf2}$, donde T_{mfq} representa una temperatura de inicio de la fusión de un pico endotérmico cuando el polvo de resina se calienta a una temperatura 30 grados C superior al punto de fusión del polvo de resina, a una velocidad de aumento de la temperatura de 10 grados C por minuto, y T_{mf2} representa una temperatura de inicio de la fusión de un pico endotérmico cuando el polvo de resina se calienta a una temperatura 30 grados C superior al punto de fusión del polvo de resina, a una velocidad de aumento de la temperatura de 10 grados C por minuto, se enfría a -30 grados C o inferior, a una velocidad de aumento de la temperatura de 10 grados C por minuto, y se calienta a la temperatura 30 grados C superior al punto de fusión a una velocidad de aumento de la temperatura de 10 grados C por minuto durante un segundo tiempo, y tanto T_{mf1} como T_{mf2} se miden mediante calorimetría diferencial de barrido de acuerdo con la norma ISO 3146. La temperatura de inicio de la fusión del pico endotérmico representa una temperatura en un punto -15 mW inferior a una línea recta trazada paralela al eje X desde un sitio donde la cantidad de calor se vuelve constante después de que la endotermia en el punto de fusión termina en un lado de temperatura más baja.

(2): $Cd1 > Cd2$, donde $Cd1$ representa una cristalinidad obtenida a partir de una cantidad de energía del pico endotérmico cuando el polvo de resina se calienta a una temperatura 30 grados C superior al punto de fusión del polvo de resina, a una velocidad de aumento de la temperatura de 10 grados C por minuto, y $Cd2$ representa una cristalinidad obtenida a partir de una cantidad de energía del pico endotérmico cuando el polvo de resina se calienta a una temperatura 30 grados C superior al punto de fusión del polvo de resina, a una velocidad de aumento de la temperatura de 10 grados C por minuto, se enfría a -30 grados C o inferior a una velocidad de aumento de la temperatura de 10 grados C por minuto, y se calienta a la temperatura 30 grados C superior al punto de fusión a una velocidad de aumento de la temperatura de 10 grados C por minuto durante un segundo tiempo, y tanto $Cd1$ como $Cd2$ se miden mediante calorimetría diferencial de barrido de acuerdo con la norma ISO 3146.

(3): $Cx1 > Cx2$, donde $Cx1$ representa una cristalinidad del polvo de resina obtenida por medición de difracción de rayos X y $Cx2$ representa una cristalinidad obtenida por medición de difracción de rayos X cuando el polvo de resina se calienta a la temperatura 30 grados C superior al punto de fusión del mismo, a una velocidad de aumento de la temperatura de 10 grados C por minuto, se enfría a -30 grados C o inferior, a una velocidad de descenso de temperatura de 10 grados C por minuto, y posteriormente se calienta a la temperatura 30 grados C superior al punto de fusión, a una velocidad de ascenso de temperatura de 10 grados C por minuto, en atmósfera de nitrógeno.

En las relaciones (1) a (3), las propiedades del polvo de resina idéntico para la fabricación de una forma libre sólida se regulan desde diferentes puntos de vista. Las relaciones (1) a (3) son relevantes entre sí. Que un polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida de la presente invención pueda determinarse como una resina termoplástica cristalina depende de si el polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida cumple al menos una de las relaciones (1) a (3). Las relaciones (1) a (3) pueden medirse mediante el siguiente método:

Método de medición del punto de inicio de la fusión de la condición 1 de acuerdo con la medición por calorimetría diferencial de barrido

El método de medición de la temperatura de inicio de la fusión de calorimetría diferencial de barrido (CDB) de la

condición (1) se basa en el método de medición de la norma ISO 3146 (método de medición de temperatura de transición plástica, formato JIS K7121). Se usa un calorímetro diferencial de barrido (por ejemplo, CDB-60A, fabricado por Shimadzu Corporation) para medir la temperatura de inicio de la fusión (Tmfi) del pico endotérmico cuando el polvo de resina se calienta a la temperatura 30 grados C superior al punto de fusión del mismo, a una velocidad de aumento de la temperatura de 10 grados C por minuto. Posteriormente, se enfría el polvo de resina a -30 grados C o inferior, a una velocidad de disminución de la temperatura de 10 grados C por minuto, y se calienta a la temperatura 30 grados C superior al punto de fusión, a una velocidad de aumento de la temperatura de 10 grados C por minuto, para medir la temperatura de inicio de la fusión (Tmf2) del pico endotérmico. La temperatura de inicio de la fusión del pico endotérmico representa una temperatura en un punto -15 mW inferior a una línea recta trazada paralela al eje X desde un sitio donde la cantidad de calor se vuelve constante, después de que la endotermia en el punto de fusión termina en el lado de temperatura más baja.

Método de medición de la cristalinidad de la condición 2 de acuerdo con la medición por calorimetría diferencial de barrido

El método de medición de la cristalinidad de calorimetría diferencial de barrido (CDB) de la condición (2) se basa en el método de medición de acuerdo con la norma ISO 3146 (método de medición de temperatura de transición plástica, formato JIS K7121). Se mide la cantidad de energía (cantidad de calor de fusión) de un pico endotérmico cuando se calienta a la temperatura 30 grados C superior al punto de fusión de la resina en polvo, a una velocidad de aumento de la temperatura de 10 grados C por minuto, para obtener la cristalinidad (Cd1) desde la cantidad de calor de fusión a la cantidad de calor de cristalización completa. Posteriormente, el polvo de resina se enfría a -30 grados C o inferior, a una velocidad de aumento de la temperatura de 10 grados C por minuto, y se calienta a la temperatura 30 grados C superior al punto de fusión, a una velocidad de aumento de la temperatura de 10 grados C por minuto, para medir la cantidad de energía del pico endotérmico de manera que la cristalinidad (Cd2) puede obtenerse como la relación de la cantidad de calor de fusión con respecto a la cantidad de calor de cristalización completa.

Método de medición de la cristalinidad de la condición 3 usando un analizador de rayos X

La cristalinidad del polvo de resina de la condición 3 se obtiene colocando el polvo de resina en una placa de vidrio para medir la cristalinidad (C x 1) del mismo mediante un analizador de rayos X (por ejemplo, Discover 8, fabricado por Bruker), que incluye un detector bidimensional en un intervalo de 2θ de 10 a 40 a temperatura ambiente. A continuación, en el CDB, en una atmósfera de nitrógeno, se calienta la resina a 30 grados C más que el punto de fusión de la misma a una velocidad de aumento de la temperatura de 10 grados C por minuto. Se mantiene la temperatura durante 10 minutos y la temperatura de la muestra (polvo de resina) vuelve a la temperatura ambiente enfriándose a -30 grados C a una velocidad de aumento de la temperatura de 10 grados C por minuto. La cristalinidad (C x 2) puede medirse como en el caso de C x 1.

La resina termoplástica para su uso en el polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida no tiene ningún límite particular y puede seleccionarse de manera conveniente para que se adapte a una aplicación particular. Ejemplos concretos incluyen, pero sin limitación, polímeros tales como poliolefina, poliamida, poliéster, poliéter, poliarilcetona, poli(sulfuro de fenileno), un polímero de cristal líquido (LCP), poliacetal (POM), poliimida y una resina fluoroquímica. Se pueden usar solos o en combinación.

Entre los ejemplos concretos de la poliolefina se incluyen, pero sin limitación, polietileno y polipropileno. Se pueden usar solos o en combinación.

La poliamida incluye poliamidas aromáticas.

Ejemplos concretos incluyen, pero sin limitación, poliamida 410 (PA410), poliamida 6 (PA6), poliamida 66 (PA66), poliamida 610 (PA610), poliamida 612 (PA612), poliamida 11 (PA11), poliamida 12 (PA12), poliamida 4T semiaromática (PA4T), poliamida MXD6 (PAMXD6), poliamida 6T (PA6T), poliamida 9T (PA9T) y poliamida 10T (PA10T). Se pueden usar solos o en combinación.

PA9T también se denomina polinonametileno tereftal amida, constituida por una diamina que tiene 9 átomos de carbono y un monómero de ácido tereftálico. En general, puesto que el lado ácido del carbono es una serie aromática, PA9T se denomina serie semiaromática. Por otra parte, la poliamida en la presente invención incluye la aramida, constituida por p-fenilendiamina, y un monómero de ácido tereftálico como serie aromática, en la que el lado de diamina también es aromático.

Ejemplos concretos del poliéster incluyen, pero sin limitación, tereftalato de polietileno (PET), tereftalato de polibutadieno (PBT) y ácido poliláctico (PLA). Para transmitir resistencia al calor, también se usa de manera conveniente poliéster, que incluye la serie aromática que incluye parcialmente ácido tereftálico o ácido isoftálico.

Ejemplos concretos de poliéteres incluyen, pero sin limitación, poliéter etercetona (PEEK), poliétercetona (PEK), poliéter cetona cetona (PEKK), poliaril éter cetona (PAEK), poliéter éter cetona cetona (PEEKK) y poliétercetona éter cetona cetona (PEKEKK).

Además del poliéter mencionado anteriormente, también son adecuados polímeros cristalinos. Los ejemplos concretos incluyen, pero sin limitación, poliacetal, poliimida y poliéter sulfona. También es adecuado usar poliamida que tenga dos picos de fusión, tal como PA9T (es necesario aumentar la temperatura de una resina al segundo pico de fusión o superior para fundir totalmente la resina).

El polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida puede incluir polvo de resina que contenga resina no cristalina o un aditivo tal como un retardante de llama, un plastificante, un estabilizador y un agente nucleador de cristales distinto de la resina termoplástica mencionada anteriormente. Se pueden usar solos o en combinación. Se pueden mezclar con la resina termoplástica para que estén presentes en el polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida o pueden unirse a la superficie del mismo.

Como polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida, es posible incluir, por ejemplo, un agente endurecedor. Se añaden agentes endurecedores para potenciar principalmente la resistencia y están contenidos como carga. Como agente endurecedor, se usa carga de vidrio, perlas de vidrio, fibra de carbono, bolas de aluminio y artículos enumerados en el folleto de la patente WO 2008/057844. Se pueden usar solos o en combinación y pueden estar contenidos en una resina.

Es preferible usar polvo de resina convenientemente secado como el polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida de la presente invención. Para secar el polvo de resina antes de su uso es adecuado usar un secador al vacío o gel de sílice.

Además, el polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida puede usarse en el método de SLS o en el método de SMS y tiene propiedades que logran un equilibrio entre parámetros tales como el tamaño de partícula, la distribución del tamaño de partícula, las propiedades de transferencia de calor, la viscosidad en fusión, la densidad aparente, la fluidez, la temperatura de fusión y la temperatura de recristalización.

Para facilitar el grado de sinterización por láser en el método de PBF, la densidad aparente del polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida es preferentemente grande aunque la densidad de la resina varíe. Por ejemplo, la densidad de compactación es preferentemente de 0,35 g/ml o superior, más preferentemente de 0,40 g/ml o superior y, en particular, preferentemente de 0,5 g/ml o superior.

Un objeto de fabricación de forma libre sólida formado mediante sinterización por láser usando el polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida tiene una propiedad de la superficie y una resistencia mecánica excelentes.

Además, es preferible que los objetos de fabricación de forma libre sólida formados por sinterización por láser usando el polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida estén libres de propiedades de proceso inadecuadas, tales como combado, distorsión y emanación de vapores, provocadas por los cambios de fase entre la sinterización y el enfriamiento después de la sinterización.

Método de fabricación de una partícula de resina que tiene una forma significativamente de tipo columnar y que tiene una porción cóncava en la superficie lateral circunferencial

Para obtener la partícula de resina que tiene una forma significativamente de tipo columnar, es posible utilizar cualquier método de fabricación de la partícula de resina que tenga una forma significativamente de tipo columnar. Por ejemplo, la partícula de resina que tiene una forma significativamente de tipo columnar puede fabricarse mediante un método de preparación de fibra de una resina, seguido de corte para obtener directamente una partícula de resina que tiene una forma significativamente cilíndrica o una forma poligonal de tipo columna, un método de fabricación de una partícula de resina que tiene una forma significativamente de tipo columnar a partir de una forma de película, o un método para someter una partícula de resina obtenida que tiene una forma poligonal de tipo columna a un procesamiento posterior para obtener una partícula de resina que tiene una forma significativamente cilíndrica.

El modo de preparar la fibra es, por ejemplo, usando una extrusora, estirando resina fundida en una forma fibrosa durante la agitación a temperaturas superiores al punto de fusión en 30 grados C o superior. Es preferible estirar la resina fundida a de aproximadamente 1/1 a aproximadamente 1/10 para obtener la fibra. La forma de la base de la partícula de resina que tiene una forma significativamente de tipo columnar viene determinada por la forma del orificio de la boquilla de una extrusora. Por ejemplo, si la forma de la base de una columna, es decir, la sección transversal de la fibra, es circular, se usa una boquilla que tiene un orificio circular. Para una forma poligonal de tipo columna, el orificio de la boquilla se selecciona de acuerdo con la forma. Es preferible que la precisión de las dimensiones de un objeto de fabricación de forma libre sólida sea mayor. La forma circular de una porción plana tiene un radio de al menos el 10 por ciento o inferior. Además, es preferible tener más orificios de boquilla para aumentar la productividad.

Para el corte, puede usarse una máquina de corte que emplee un método de guillotina, en el que tanto el borde superior como el inferior sean cuchillas, o una máquina de corte que emplee un método de corte de paja con un borde superior sin una cuchilla sino con una tabla dispuesta en el lado inferior. También es preferible usar un dispositivo conocido que corte directamente la fibra a 0,005 a 0,2 mm o un láser de CO₂ para cortar la fibra, etc.

- A la fibra cortada, se le aplica una energía usando un dispositivo conocido, tal como un agitador mecánico, que tiene un rotor que gira a alta velocidad mediante electricidad, o un molino de bolas en el que las perlas, etc. se hacen chocar repetidamente contra el polvo durante un período de tiempo concreto. Como resultado, se procesa y se deforma la porción terminal de la superficie de la partícula de manera que pueda fabricarse una partícula de resina que tenga una forma significativamente de tipo columnar y que tenga una porción cóncava formada a lo largo de la dirección circunferencial en un sitio significativamente central de la superficie lateral circunferencial.
- Método de fabricación de un objeto de fabricación de forma libre sólida y dispositivo para fabricar un objeto de fabricación de forma libre sólida
- El método de fabricación de un objeto de fabricación de forma libre sólida incluye un proceso de formación de capas para formar una capa que contenga el polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida de la presente invención y un proceso de adhesión de polvo para provocar que el polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida se adhiera entre sí en un área seleccionada de la capa, y repetir el proceso de formación de capas y el proceso de adhesión de polvo, y además puede incluir opcionalmente otros procesos.
- El dispositivo para fabricar un objeto de fabricación de forma libre sólida incluye un dispositivo de formación de capas para formar una capa que contenga el polvo de resina para el objeto de fabricación de forma libre sólida de la presente invención y un dispositivo de adhesión de polvo para provocar que el polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida se adhiera entre sí en un área seleccionada de la capa, y además puede incluir opcionalmente otros dispositivos.
- El método de fabricación de un objeto de fabricación de forma libre sólida puede ser ejecutado de manera conveniente por el dispositivo para fabricar un objeto de fabricación de forma libre sólida. Como polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida, es posible usar el mismo polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida de la presente invención.
- El polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida puede usarse para cualquier dispositivo para fabricar un objeto de fabricación de forma libre sólida empleando un método de fabricación aditiva en polvo. El dispositivo para fabricar un objeto de fabricación de forma libre sólida que emplea un método de fabricación aditiva en polvo forma una capa de polvo y, posteriormente, hace que el polvo de resina en un área seleccionada se adhiera entre sí con un dispositivo diferente dependiendo de los métodos. Por ejemplo, existe un dispositivo electromagnético (irradiador para emitir ondas electromagnéticas) que emplea el método de SLS o el método de SMS y un dispositivo de descarga de líquido que emplea un método de chorro de aglutinante. El polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida de la presente invención se puede aplicar a todos y cada uno de los dispositivos para la fabricación de una forma libre sólida, incluyendo un dispositivo para la fabricación aditiva en polvo.
- Para el dispositivo para fabricar un objeto de fabricación de forma libre sólida empleando el método de SLS o el método de SMS, utilizando la irradiación de ondas electromagnéticas como fuente de irradiación de ondas electromagnéticas para su uso en la irradiación electromagnética, por ejemplo, es posible usar un láser que emita rayos ultravioleta, luz visible, rayos infrarrojos, etc., microondas, descarga, haces de electrones, un calentador radiante, una lámpara LED o una combinación de los mismos.
- Además, para el método de hacer que el polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida se adhiera selectivamente entre sí utilizando irradiación de ondas electromagnéticas, la absorción de la onda electromagnética puede modificarse en términos de eficiencia. Por ejemplo, es posible hacer que el polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida contenga un absorbente o retardador.
- Un ejemplo del dispositivo para fabricar un objeto de fabricación de forma libre sólida se describe con referencia a la FIG. 4. La FIG. 4 es un diagrama esquemático que ilustra un ejemplo del dispositivo para fabricar un objeto de fabricación de forma libre sólida. Como se ilustra en la FIG. 4, el polvo se almacena en un tanque de suministro 5 para polvo y se suministra a un espacio de barrido por láser 6 usando un rodillo 4 en proporción a la cantidad de uso. Es preferible que la temperatura del tanque de suministro 5 sea controlada por un calentador 3. El espacio de barrido por láser 6 se irradia con los haces de láser emitidos desde una fuente de irradiación de ondas electromagnéticas 1 usando un espejo de reflexión 2. El polvo se sinteriza con el calor de los haces de láser para obtener un objeto de fabricación de forma libre sólida.
- La temperatura del tanque de suministro 5 es preferentemente de 10 grados C, o más, inferior al punto de fusión del polvo.
- La temperatura del lecho de pieza en el espacio de barrido por láser 6 es preferentemente inferior al punto de fusión del polvo en 5 grados C o más.
- La potencia del láser no tiene ningún límite particular y puede seleccionarse de manera conveniente para que se adapte a una aplicación particular. Por ejemplo, es preferentemente de 10 a 150 W.

En otra realización, pueden fabricarse objetos de fabricación de forma libre sólida de la presente invención usando tecnologías de sinterización selectiva con máscara (SMS). El proceso de SMS se describe en, por ejemplo, la memoria descriptiva de la Patente de los EE.UU. N.º 6.531.086.

En el proceso de SMS, las capas de polvo se irradian parcial y selectivamente con infrarrojos, que se blindan selectivamente usando una máscara protectora. Cuando se utiliza el proceso de SMS para fabricar un objeto de fabricación de forma libre sólida a partir del polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida de la presente invención, es posible y preferible incluir material para potenciar la absorción de infrarrojos del polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida. Por ejemplo, el polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida puede contener al menos un tipo de material absorbente de calor y/o de color oscuro (tal como fibra de carbono, negro de carbono, nanotubo de carbono y nanofibra de celulosa).

En otra realización más, usando el polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida de la presente invención, un objeto de fabricación de forma libre sólida puede fabricarse mediante el dispositivo para la fabricación de una forma libre sólida que emplea el chorro de aglutinante mencionado anteriormente. El método de fabricación de un objeto de fabricación de forma libre sólida incluye un proceso de formación de capas para formar una capa que contenga el polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida de la presente invención y un proceso de adhesión de polvo para descargar líquido en un área seleccionada de la capa, seguido de secado para que se adhieran entre sí, y repetir el proceso de formación de capas y el proceso de adhesión de polvo, y además puede incluir opcionalmente otros procesos.

El dispositivo para fabricar un objeto de fabricación de forma libre sólida incluye un dispositivo de formación de capas para formar una capa que incluye el polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida de la presente invención y un dispositivo de descarga de líquido para descargar líquido a un área seleccionada de la capa y, además, puede incluir opcionalmente otros dispositivos. Como dispositivo de descarga para descargar líquido, es preferible emplear el método de chorro de tinta en términos de precisión de las dimensiones y velocidad de fabricación de un objeto de fabricación de forma libre sólida obtenido.

La FIG. 5 (FIG. 5A a FIG. 5F) es un diagrama esquemático que ilustra un ejemplo del proceso del método de chorro de aglutinante. El dispositivo para la fabricación de un objeto de fabricación de forma libre sólida ilustrado en la FIG. 5 incluye un tanque de almacenamiento de polvo 111 para la fabricación y un tanque de almacenamiento de polvo 112 para el suministro. Cada uno de estos tanques de almacenamiento de polvo 111 y 112 tiene una plataforma 113 que puede moverse hacia arriba y hacia abajo y coloca el polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida de la presente invención en la plataforma 113 para formar una capa formada por el polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida. Un dispositivo de suministro de líquido de fabricación 115 se dispone sobre el tanque de almacenamiento de polvo 111 para la fabricación para descargar un material líquido 116 para la fabricación de una forma libre sólida hacia el polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida en el tanque de almacenamiento de polvo. Además, el dispositivo para realizar una fabricación de una forma libre sólida incluye un dispositivo de formación de capas de polvo de resina 114 (en lo sucesivo en el presente documento también denominado recubridor), capaz de suministrar el polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida desde el tanque de almacenamiento de polvo 112 para suministrarlo al tanque de almacenamiento de polvo 111 para la fabricación y el alisamiento de la superficie de la capa de polvo de resina en el tanque de almacenamiento de polvo 111 para la fabricación.

Las FIG. 5A y 5B son diagramas que ilustran la etapa de suministro del polvo de resina desde el tanque de almacenamiento de polvo 112, para suministrarlo al tanque de almacenamiento de polvo 111 para la fabricación, y la etapa de formación de la capa de polvo de resina que tiene una superficie lisa. Cada plataforma 113 del tanque de almacenamiento de polvo 111 para la fabricación y el tanque de almacenamiento de polvo 112 para el suministro se controla para ajustar el espacio entre los mismos para obtener un espesor de capa deseado. Posteriormente, el dispositivo de formación de capas de polvo de resina 114 se mueve desde el tanque de almacenamiento de polvo 112 para suministrarlo al tanque de almacenamiento de polvo 111 para la fabricación para formar una capa de polvo de resina en el tanque 11 de almacenamiento de polvo para la fabricación.

La FIG. 5C es un diagrama que ilustra el proceso de goteo del material líquido 116 para la fabricación de una forma libre sólida a la capa de polvo de resina en el tanque de almacenamiento de polvo 111 para la fabricación, usando un dispositivo de suministro de líquido de fabricación 115 para la fabricación de una forma libre sólida. En este punto, la posición en la que el material líquido 116 para la fabricación de una forma libre sólida se gotea en la capa de polvo de resina se determina basándose en los datos de imagen bidimensional (datos de corte) obtenidos mediante el corte del objeto de fabricación de forma libre sólida en múltiples capas planas.

En las FIG. 5D y 5E, la plataforma 113 del tanque de almacenamiento de polvo 112 para el suministro se eleva y la plataforma 13 del tanque de almacenamiento de polvo 111 para la fabricación se baja, controlando al mismo tiempo el espacio entre ellas para obtener un espesor de capa deseado. Posteriormente, el dispositivo de formación de capas de polvo de resina 114 se mueve de nuevo desde el tanque de almacenamiento de polvo 112 para suministrarlo al tanque de almacenamiento de polvo 111 para la fabricación. Como resultado, se forma una nueva capa de polvo de

resina en el tanque de almacenamiento de polvo 111 para la fabricación de una forma libre sólida.

La FIG. 5F es un diagrama que ilustra el proceso de goteo del material líquido 116 para la fabricación de una forma libre sólida de nuevo en la capa de polvo de resina en el tanque de almacenamiento de polvo 111 para la fabricación, usando el dispositivo de suministro de líquido de fabricación 115. Esta serie de procesos se repite. Posteriormente al secado opcional, el polvo de resina al que no se une ningún material líquido para la fabricación de una forma libre sólida se retira como polvo adicional para obtener un objeto de fabricación de forma libre sólida.

Es preferible que contenga un adhesivo para hacer que el polvo de resina se adhiera entre sí. El adhesivo puede disolverse en líquido para ser descargado. Como alternativa, el adhesivo puede mezclarse con el polvo de resina como una partícula aditiva. El adhesivo se disuelve preferentemente en líquido que ha de descargarse. Por ejemplo, el adhesivo es hidrosoluble si el líquido está compuesto principalmente por agua.

Son ejemplos del adhesivo hidrosoluble resinas de alcohol polivinílico (PVA), polivinilpirrolidona, poliamidas, amidas poliacrílicas, imina de polietileno, óxidos de polietileno, resinas de poliácido, resinas de celulosa y gelatina. De éstos, se usa más preferentemente el alcohol polivinílico para potenciar la resistencia y la precisión de las dimensiones de un objeto de fabricación de forma libre sólida.

El polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida tiene una buena fluidez, de manera que puede potenciarse la propiedad de la superficie de un objeto de fabricación de forma libre sólida obtenido. Esto no se limita al método que utiliza irradiación electromagnética, sino que puede aplicarse a todos los dispositivos para la fabricación de una forma libre sólida que emplean fabricación aditiva en polvo, tal como un método de chorro de aglutinante.

Objeto de fabricación de forma libre sólida

El objeto de fabricación de forma libre sólida puede fabricarse adecuadamente ejecutando el método de fabricación de un objeto de fabricación de forma libre sólida usando el polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida de la presente invención.

Habiéndose descrito en general las realizaciones preferidas de la presente divulgación, puede obtenerse una mayor comprensión por referencia a determinados ejemplos específicos que se proporcionan en el presente documento con fines de ilustrar solamente y que no tienen por objeto ser limitantes. En las descripciones de los siguientes ejemplos, los números representan relaciones de peso en partes, a menos que se especifique otra cosa.

Ejemplos

A continuación, se describen realizaciones de la presente invención en detalle con referencia a los Ejemplos, pero sin limitación a los mismos.

Se midieron el ángulo de reposo, el diámetro de partícula en volumen acumulativo del 50 por ciento, la circularidad promedio y el peso específico de la siguiente manera. Los resultados se muestran en la Tabla 1.

Ángulo de reposo

El ángulo de reposo se midió como se ilustra en la FIG. 3.

Como se ilustra en la FIG. 3, el dispositivo de medición incluye el tamiz 10 (basado en el formato JIS Z8801-1-2000, diámetro de abertura de 125 µm) y un dispositivo de medición del peso específico aparente (Z-2504, fabricado por "Kuramochi Kagaku Kikai Seisakusho"). Para el diámetro del peso específico aparente, se usó un artículo que se ajustaba al diámetro de abertura de 2,5 mm del embudo 11, y la base 14 que tenía una forma de tipo columnar y que tenía un diámetro de 30 mm se dispuso debajo del embudo 11. El polvo de resina 12 para la fabricación de una forma libre sólida se cargó desde arriba en el tamiz 10, se hizo pasar por el embudo 11 y se formó una montaña del polvo de resina 12' para la fabricación de una forma libre sólida sobre la base 14. El polvo de resina 12 para la fabricación de una forma libre sólida se cargó en una cantidad tal que al menos el polvo de resina 12' para la fabricación de una forma libre sólida se derramó sobre la base 14 y desde el lado se constató la forma de un cono. El ángulo de reposo se midió mediante una captura de imágenes usando una cámara. La cámara estaba dispuesta a 60 mm de la base 14 (desde el objetivo) y a la misma altura que la superficie superior de la base 14 (basada en la altura del objetivo). Posteriormente, la superficie lateral de la montaña se registró mediante la cámara. El ángulo constituido por la superficie de la base y la pendiente de la montaña es el ángulo de reposo. Este ángulo se calculó a partir de la imagen obtenida usando trigonometría.

La medición se realizó dos veces y el promedio se determinó como el ángulo de reposo.

Diámetro de partícula en volumen acumulativo del 50 por ciento

El diámetro de partícula promedio en volumen se midió usando un instrumento de medición de la distribución del

tamaño de partícula (Microtrac MT3300EXII, fabricado por MicrotracBEL Corp.) empleando un método de proceso de secado (atmósfera) sin usar un disolvente, utilizando el índice de refracción de partícula por polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida, para calcular el diámetro de partícula en volumen acumulativo del 50 por ciento. El índice de refracción de partícula se fijó en 1,57 de resina de tereftalato de polibutileno (PBT).

5 Circularidad Promedio

Usando un analizador del tamaño y de la forma de partículas de tipo de flujo de proceso en húmedo (FPIA-3000, fabricado por Sysmex Corporation), se tomaron imágenes de forma de partícula en un estado en el que el número de recuento de las partículas de polvo era de 1.000 o más para obtener la circularidad promedio de la partícula de resina que tiene una forma de tipo columnar en el intervalo de diámetro de partícula de 0,5 a 200 μm . La circularidad se midió dos veces para cada una y el promedio de las dos se determinó como la circularidad promedio.

15 Peso específico

El peso específico se obtuvo midiendo la densidad de una muestra. La densidad se obtuvo midiendo la masa de la muestra a partir del volumen de la misma. El volumen se obtuvo cambiando el volumen y la presión del gas (gas He) a una temperatura constante usando un picnómetro de proceso en seco (AccuPyc 1330, fabricado por Shimadzu Corporation) utilizando un método de reemplazo en fase gaseosa.

20 Ejemplo 1

Usando una extrusora (fabricada por The Japan Steel Works, LTD.), se agitaron gránulos de resina de tereftalato de polibutileno (PBT) (NOVADURAN® 5020, punto de fusión de 218 grados C, temperatura de transición vítrea de 43 grados C, fabricados por Mitsubishi Engineering-Plastics Corporation) a una temperatura 30 grados C superior al punto de fusión y, después, se obtuvo fibra usando una boquilla que tenía un orificio de una forma circular. El número de fibras extruidas por la boquilla fue de 100. El microgránulo se estiró aproximadamente cuatro veces para obtener una fibra de resina que tenía un diámetro de fibra de 60 μm con una precisión de -4 a +4 μm .

La fibra de resina obtenida de este modo se cortó a una longitud de fibra de 60 μm mediante un dispositivo de corte (serie NJ tipo 1200, fabricado por OGINO SEIKI CO, LTD.) empleando el método de corte de paja para obtener polvo de resina que contenía partículas de resina que tenían una forma significativamente cilíndrica. Este polvo se sometió a un tratamiento mediante un dispositivo de esferoidización (mezclador de tipo MP MP5A/1, fabricado por NIPPON COKE & ENGINEERING. CO., LTD.) a una velocidad de agitación de 9.600 rpm durante 5 minutos.

El polvo de resina obtenido de este modo para la fabricación de una forma libre sólida se comprobó mediante un microscopio electrónico de barrido (S4200, fabricado por Hitachi, Ltd.). La mayoría de las partículas eran partículas de resina que tenían una forma significativamente de tipo columnar y que tenían una porción cóncava formada a lo largo de la dirección circunferencial en el sitio significativamente central de la superficie lateral circunferencial, y la profundidad de la porción cóncava era de aproximadamente 1 μm . Además, se midió la altura de la partícula de resina que tenía una forma significativamente cilíndrica. Era de 50 a 70 μm . Usando el microscopio electrónico de barrido, se obtuvieron imágenes bidimensionales en 10 campos de visión. La proporción de la partícula de resina que tenía una forma cilíndrica significativa con respecto a todas las partículas de cada campo de visión fue del 88 por ciento en promedio.

45 Ejemplo 2

El polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida se obtuvo de la misma manera que en el Ejemplo 1, excepto por que el tiempo de agitación del dispositivo de esferoidización se cambió de 5 a 20 minutos. El polvo de resina obtenido de este modo para la fabricación de una forma libre sólida se comprobó de la misma manera que en el Ejemplo 1. La mayoría de las partículas tenían una porción cóncava formada a lo largo de la dirección circunferencial en el sitio significativamente central de la superficie lateral circunferencial, y la profundidad de la porción cóncava era de aproximadamente 5 μm . Además, se midió la altura de la partícula de resina que tenía una forma significativamente cilíndrica. Era de 50 a 70 μm . La proporción de la partícula de resina que tenía una forma cilíndrica significativa con respecto a todas las partículas de cada campo de visión fue del 98 por ciento en promedio.

Ejemplo Comparativo 1

Una resina de tereftalato de polibutileno (PBT) (NOVADURAN® 5020, punto de fusión: 218 grados C, temperatura de transición vítrea: 43 grados C, fabricada por Mitsubishi Engineering-Plastics Corporation) se sometió a una trituración por congelación a -200 grados C usando un sistema de pulverización en frío (LINREX MILL LX1, fabricado por Hosokawa Micron Corporation) para obtener un polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida que tenía un diámetro de partícula de 5 a 200 μm .

El polvo de resina obtenido de este modo para la fabricación de una forma libre sólida se observó con un microscopio electrónico de barrido (S4200, fabricado por Hitachi, Ltd.). Había presentes partículas que tenían diversas formas,

tales como una forma elipsoidal, una forma de tipo barra y una forma de tipo placa. Sin embargo, no había ninguna partícula que tuviera una porción cóncava formada a lo largo de la dirección circunferencial en el sitio significativamente central de la superficie lateral circunferencial.

5 Ejemplo Comparativo 2

Un polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida se fabricó de la misma manera que en el Ejemplo 1, excepto por que el polvo de resina no se sometió a agitación. El polvo de resina obtenido de este modo para la fabricación de una forma libre sólida se comprobó de la misma manera que en el Ejemplo 1. No había ninguna partícula que tuviera una forma significativamente cilíndrica que tuviera una porción cóncava formada a lo largo de la dirección circunferencial en el sitio significativamente central de la superficie lateral circunferencial.

Ejemplo Comparativo 3

Se mezcló el 0,1 por ciento en masa de sílice (AEROSIL RX200, agente de preparación de superficie HMDS, diámetro promedio de partículas primarias de 12 nm, fabricado por Nippon Aerosil Co, Ltd.) como fluidificante con el polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida obtenido en el Ejemplo Comparativo 1 usando un agitador (sistema Tubula de tipo T2F, fabricado por Willybachofen) para obtener un polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida que contenía el fluidificante. La velocidad de agitación en el agitador fue de 100 rpm y el tiempo de agitación fue de cinco minutos.

El polvo de resina obtenido de este modo para la fabricación de una forma libre sólida se observó con un microscopio electrónico de barrido (S4200, fabricado por Hitachi, Ltd.). Había presentes partículas que tenían formas diversas, tales como una forma elipsoidal, una forma de tipo barra y una forma de tipo placa y no eran diferentes de las formas del polvo de resina del Ejemplo Comparativo 1.

Ejemplo de Referencia 1

Se mezcló el 0,1 por ciento en masa de sílice (AEROSIL RX200, agente de preparación de superficie HMDS, diámetro promedio de partículas primarias de 12 nm, fabricado por Nippon Aerosil Co, Ltd.) como fluidificante con el polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida obtenido en el Ejemplo Comparativo 2 de la misma manera que en el Ejemplo Comparativo 3 para obtener un polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida que contenía el fluidificante.

El polvo de resina obtenido de este modo para la fabricación de una forma libre sólida se observó con un microscopio electrónico de barrido (S4200, fabricado por Hitachi, Ltd.). El polvo estaba constituido por partículas que tenían una forma significativamente cilíndrica y no era diferente de las formas del polvo de resina del Ejemplo Comparativo 2.

La fabricación del objeto de fabricación de forma libre sólida y el objeto de fabricación de forma libre sólida obtenido de este modo se evaluaron con respecto al recubrimiento (suavidad) y la propiedad de la superficie. Los resultados se muestran en la Tabla 1.

Propiedad de Recubrimiento (Suavidad)

Se observó visualmente la superficie de las capas laminadas durante la fabricación de una forma libre sólida para evaluar la propiedad de recubrimiento. La temperatura durante la fabricación aditiva (laminación) fue la condición real en la que puede fabricarse un objeto de fabricación de un material objetivo.

Criterios de evaluación

- A (Buena): Superficie de recubrimiento visualmente muy lisa y no se reconoce ninguna porción rugosa
- B (Marginal): Se reconoce una porción ligeramente rugosa en la superficie de recubrimiento
- C (Mala): Porción rugosa visualizada claramente y superficie gruesa reconocida en la superficie de recubrimiento

55 Fabricación del objeto de fabricación de forma libre sólida

Un objeto de fabricación de forma libre sólida se fabricó mediante un dispositivo de fabricación por el método de SLS (AM S5500P, fabricado por Ricoh Company, Ltd.) usando el polvo de resina obtenido para la fabricación de una forma libre sólida. Las condiciones fueron: espesor de la capa promedio de 0,1 mm, una salida de láser de 10 a 150 W, un espacio de barrido láser de 0,1 mm y una temperatura del lecho de la pieza de -3 grados C por debajo del punto de fusión. Basándose en datos tales como el CAD de un objeto de fabricación de forma libre sólida cuboide (muestra para dimensiones) (mm) que tiene un lado de 5 cm y un espesor promedio de 0,5 cm, se fabricó la muestra mencionada anteriormente.

Propiedad de la superficie

Se comprobó visualmente la superficie del objeto de fabricación de forma libre sólida obtenido, se observó con un microscopio óptico y se sometió a un ensayo organoléptico. En el ensayo organoléptico, la muestra fue tocada con las manos y la propiedad de la superficie, en particular la suavidad, se evaluó a partir de la impresión táctil. Estos resultados se comprobaron colectivamente para evaluar la propiedad de la superficie basándose en los siguientes criterios de evaluación.

5

Criterios de evaluación

10

A (Excelente): Superficie muy lisa sin ninguna porción rugosa o superficie basta molesta

B (Buena): No hay problema sobre la suavidad en la superficie y la rugosidad y la superficie gruesa admisibles

C (Marginal): Sin superficie lisa con porción rugosa y superficie basta claramente visibles

15

D (Mala): Superficie con ganchos y se reconocen muchos defectos tales como rugosidad y distorsión de la superficie

Tabla 1

	Resina	Fluidificante	Forma	Si se forma una porción cóncava en el plano lateral de la circunferencia de la partícula	Profundidad de la porción cóncava (µm)
Ejemplo	1	-	Forma significativa de tipo columnar	Sí	2,0
	2	-	Forma significativa de tipo columnar	Sí	5,0
Ejemplo Comparativo	1	-	Forma de tipo columnar no significativa	No	-
	2	-	Forma significativa de tipo columnar	No	-
	3	Silíce 0,1 por ciento en masa	Forma de tipo columnar no significativa	No	-
Ejemplo de Referencia	1	Silíce 0,1 por ciento en masa	Forma significativa de tipo columnar	No	-

	Resina	Polvo de resina para forma libre sólida				Resultado de la evaluación	
		Ángulo de reposo (grados)	Diámetro de partícula en volumen acumulativo del 50 por ciento (µm)	Circularidad Promedio (µm)	Peso específico (µm)	Propiedad de recubrimiento	Propiedad de la superficie
Ejemplo	1	PBT 55,0	69,3	0,85	1,31	A	A
	2	PBT 50,0	70,1	0,88	1,31	A	S
Ejemplo Comparativo	1	PBT 63,0	57,5	0,77	1,30	C	C
	2	PBT 58,0	73,6	0,83	1,31	B	B
	3	PBT 58,0	59,2	0,76	1,31	B	B
Ejemplo de Referencia	1	PBT 47,0	72,5	0,84	1,32	A	A

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un polvo de resina mejorado para la fabricación de una forma libre sólida que es capaz de transmitir una suavidad excelente a la superficie del polvo durante el recubrimiento de una capa de polvo, y una buena propiedad de la superficie, a un objeto de fabricación de forma libre sólida obtenido sin añadir un fluidificante.

5

REIVINDICACIONES

1. Un polvo de resina para la fabricación de una forma libre sólida, que comprende:

- 5 partículas de resina que tienen una forma significativamente de tipo columnar, incluyendo partículas de resina que tienen una porción cóncava en una superficie lateral circunferencial, en donde el polvo de resina tiene un ángulo de reposo, medido de acuerdo con la descripción, de 55 grados o inferior.
- 10 2. El polvo de resina de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el polvo de resina tiene un diámetro de partícula en volumen acumulativo del 50 por ciento de 5 a 200 μm .
- 15 3. El polvo de resina de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde el polvo de resina tiene una circularidad promedio de 0,80 o superior en un intervalo de diámetro de partícula de 0,5 a 200 μm .
- 20 4. El polvo de resina de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el polvo de resina tiene una circularidad promedio de 0,83 o superior en un intervalo de diámetro de partícula de 0,5 a 200 μm .
- 25 5. El polvo de resina de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde el polvo de resina tiene una relación del diámetro de partícula de un diámetro de partícula promedio en volumen con respecto a un diámetro de partícula promedio en número de 2,00 o inferior.
- 30 6. El polvo de resina de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde el polvo de resina tiene un peso específico de 0,8 o superior.
- 35 7. El polvo de resina de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende adicionalmente al menos un miembro seleccionado del grupo que consiste en poliolefina, poliamida, poliéster, poliéter, poliarilcetona, poli(sulfuro de fenileno), un polímero de cristal líquido, poliacetal, poliimida y una resina fluoroquímica.
- 40 8. El polvo de resina de acuerdo con la reivindicación 7, en donde la poliamida incluye una poliamida aromática.
- 45 9. El polvo de resina de acuerdo con la reivindicación 7 o la reivindicación 8, en donde la poliamida incluye al menos un miembro seleccionado del grupo que consiste en poliamida 410, poliamida 4T, poliamida 6, poliamida 66, poliamida MXD6, poliamida 610, poliamida 6T, poliamida 11, poliamida 12, poliamida 9T, poliamida 10T y aramida.
- 50 10. El polvo de resina de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, en donde el poliéster incluye al menos un miembro seleccionado del grupo que consiste en tereftalato de polietileno, tereftalato de polibutileno y polilactato.
- 55 11. El polvo de resina de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, en donde el poliéter incluye al menos un miembro seleccionado del grupo que consiste en poliéter éter cetona, poliéter cetona y poliéter cetona cetona.
- 60 12. El polvo de resina de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, que satisface al menos una de las siguientes relaciones (1) a (3):
 - (1): $T_{mf1} > T_{mf2}$, donde T_{mf1} representa una temperatura de inicio de la fusión de un pico endotérmico cuando se calienta el polvo de resina a una temperatura 30 grados C superior al punto de fusión del polvo de resina a una velocidad de aumento de la temperatura de 10 grados C por minuto, y T_{mf2} representa una temperatura de inicio de la fusión de un pico endotérmico cuando se calienta el polvo de resina a una temperatura 30 grados C superior al punto de fusión del polvo de resina a una velocidad de aumento de la temperatura de 10 grados C por minuto, se enfría a -30 grados C o inferior a una velocidad de disminución de la temperatura de 10 grados C por minuto, y se calienta a la temperatura 30 grados C superior al punto de fusión a una velocidad de aumento de la temperatura de 10 grados C por minuto durante un segundo tiempo, y tanto T_{mf1} como T_{mf2} se miden mediante calorimetría diferencial de barrido midiendo de acuerdo con la norma ISO 3146, en donde la temperatura de inicio de la fusión del pico endotérmico representa una temperatura en un punto -15 mW inferior a una línea recta trazada paralela al eje X desde un sitio donde la cantidad de calor se vuelve constante después de que la endotermia en el punto de fusión termina en un lado de temperatura más baja,
 - (2): $Cd1 > Cd2$, donde $Cd1$ representa una cristalinidad obtenida a partir de una cantidad de energía del pico endotérmico cuando se calienta el polvo de resina a una temperatura 30 grados C superior al punto de fusión del polvo de resina a una velocidad de aumento de la temperatura de 10 grados C por minuto, y $Cd2$ representa una cristalinidad obtenida a partir de una cantidad de energía del pico endotérmico cuando se calienta el polvo de resina a una temperatura 30 grados C superior al punto de fusión del polvo de resina a una velocidad de aumento de la temperatura de 10 grados C por minuto, se enfría a -30 grados C o inferior a una velocidad de disminución de la temperatura de 10 grados C por minuto, y se calienta a la temperatura 30 grados C superior al punto de fusión a una velocidad de aumento de la temperatura de 10 grados C por minuto durante un segundo tiempo, y tanto $Cd1$
- 65 13. El polvo de resina de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en donde el polvo de resina tiene un peso molecular promedio de 10.000 o superior.

- como Cd2 se miden mediante calorimetría diferencial de barrido midiendo de acuerdo con la norma ISO 3146, y (3): $C \times 1 > C \times 2$, donde $C \times 1$ representa una cristalinidad del polvo de resina obtenida por medición de difracción de rayos X, y $C \times 2$ representa una cristalinidad obtenida por medición de difracción de rayos X cuando se calienta el polvo de resina a la temperatura 30 grados C superior al punto de fusión del mismo a una velocidad de aumento de la temperatura de 10 grados C por minuto, se enfría a -30 grados C o inferior a una velocidad de descenso de la temperatura de 10 grados C por minuto, y posteriormente se calienta a la temperatura 30 grados C superior al punto de fusión a una velocidad de ascenso de la temperatura de 10 grados C por minuto en una atmósfera de nitrógeno.
- 5
- 10 13. Un dispositivo para fabricar un objeto de fabricación de forma libre sólida, que comprende:
- un dispositivo de formación de capas que incluye el polvo de resina de cualquiera de las reivindicaciones 1-12 configurado para formar una capa; y
- 15 un dispositivo de adhesión de polvo configurado para hacer que el polvo de resina se adhiera entre sí en un área seleccionada de la capa.
14. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 13, en donde el dispositivo de adhesión de polvo incluye un dispositivo de irradiación de ondas electromagnéticas.

FIG. 1A

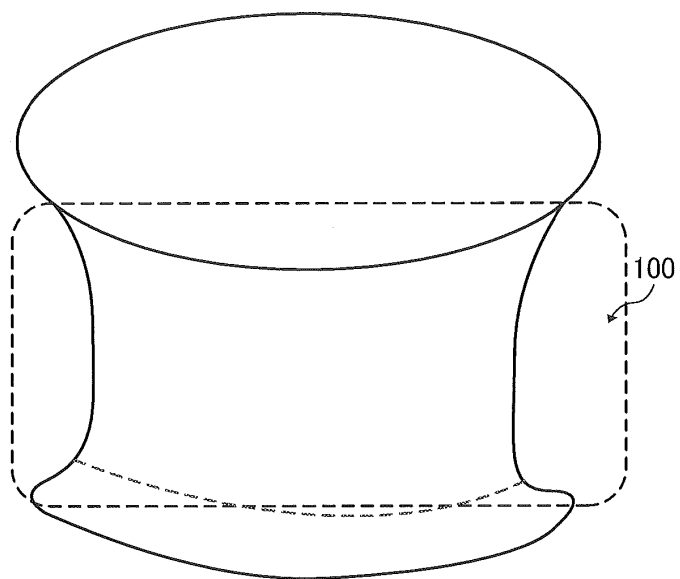


FIG. 1B

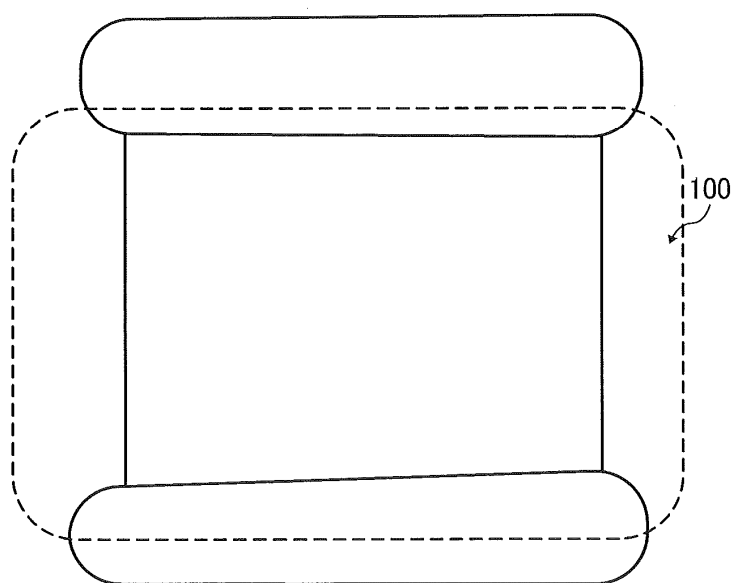


FIG. 2A

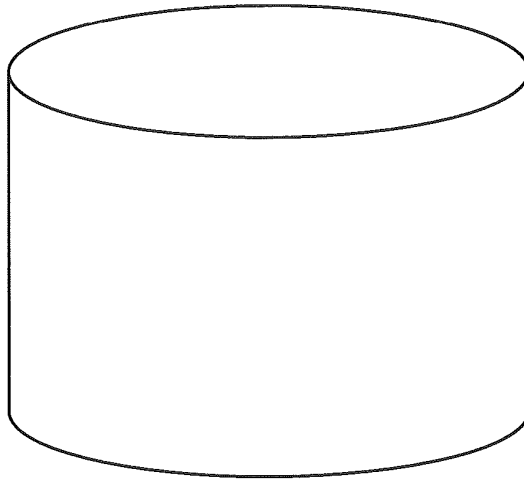


FIG. 2B

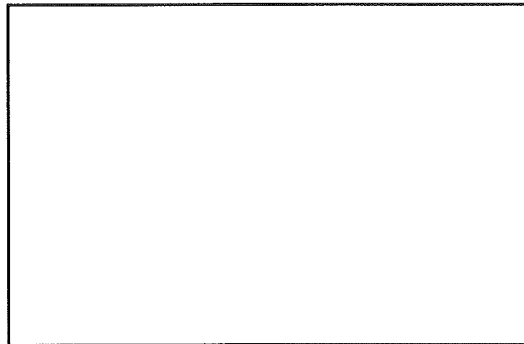


FIG. 2C

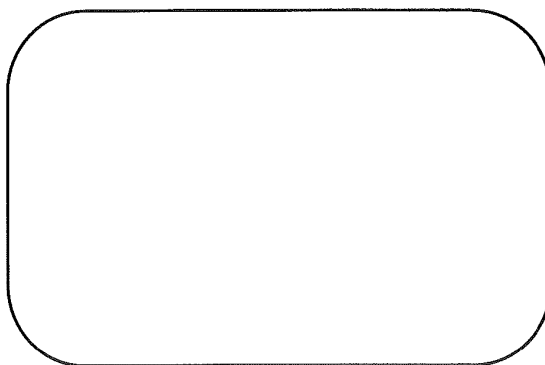


FIG. 3

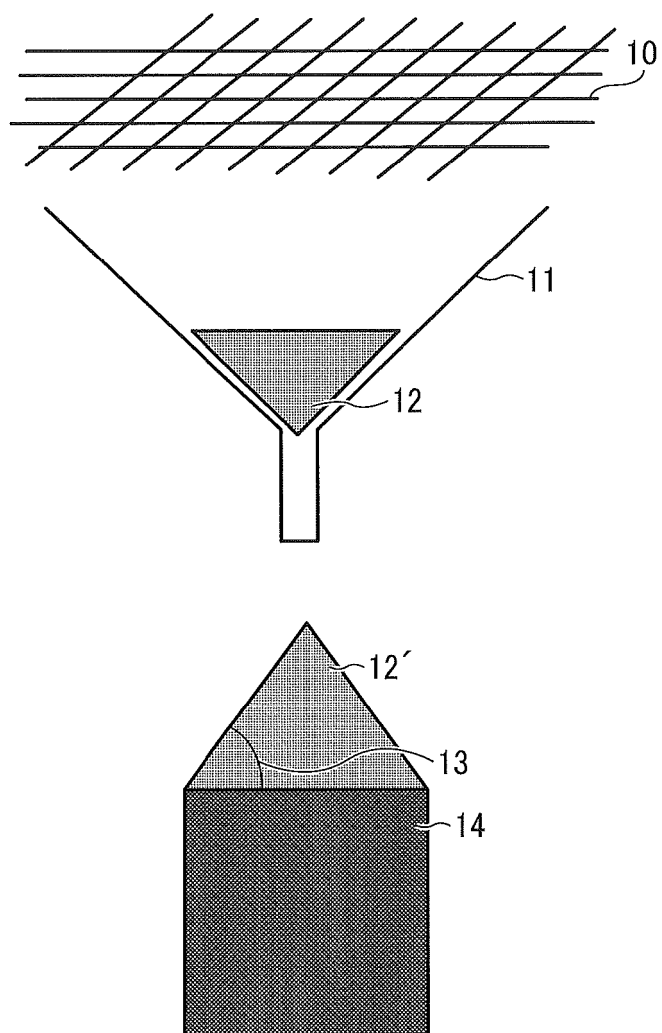


FIG. 4

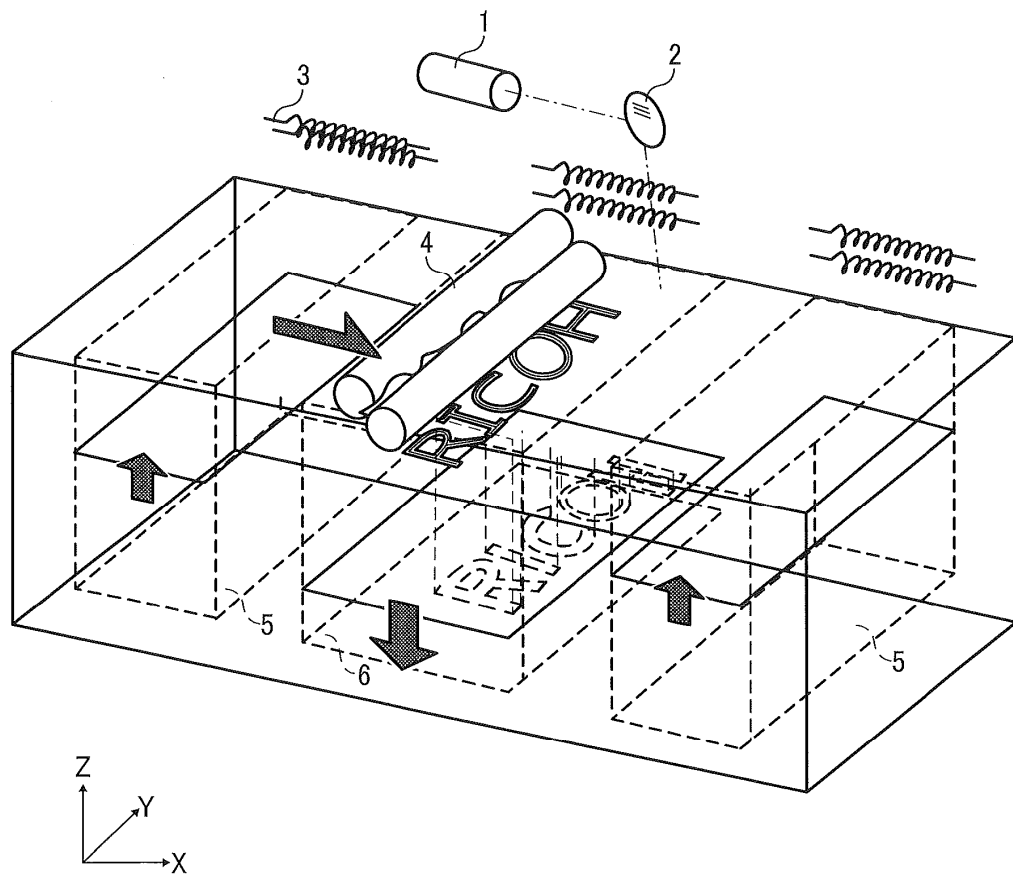


FIG. 5A

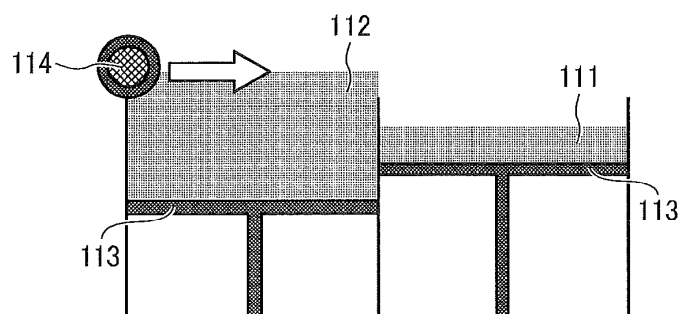


FIG. 5B

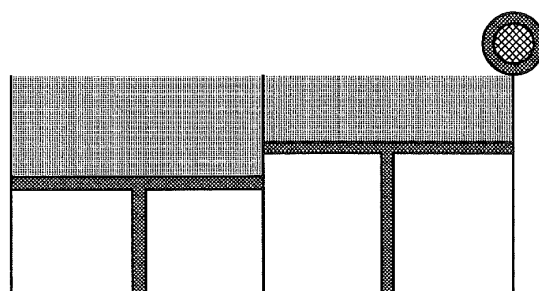


FIG. 5C

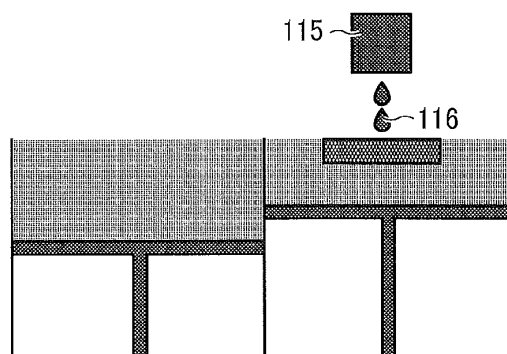


FIG. 5D

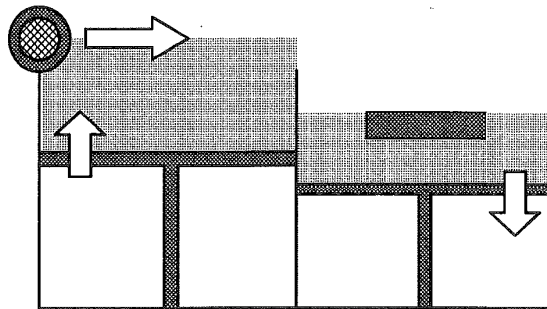


FIG. 5E

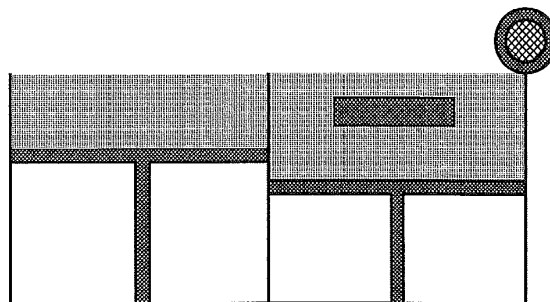


FIG. 5F

