

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 942 904**

51 Int. Cl.:

B29C 64/153 (2007.01)

B33Y 10/00 (2015.01)

B33Y 70/00 (2015.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.01.2021** **E 21150187 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.03.2023** **EP 3848182**

54 Título: **Polvo recubierto para fabricación de aditivo**

30 Prioridad:

08.01.2020 US 202016737626

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

07.06.2023

73 Titular/es:

THE BOEING COMPANY (100.0%)

929 Long Bridge Drive

Arlington, VA 22202, US

72 Inventor/es:

SINHA, NISHANT

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 942 904 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 recubierto para fabricación de aditivo

5 Campo

La presente divulgación se refiere a aparatos y métodos de fabricación de aditivos, y en particular a la fabricación de aditivo basado en polvo. El proceso de fabricación de aditivo divulgado en la presente puede ser útil en la producción de piezas que incluyen conductos de control ambiental, paneles de puertas, herramientas, plantillas, accesorios, y similares. Los ejemplos de la divulgación pueden encontrar uso en una variedad de aplicaciones potenciales, particularmente en la industria del transporte, que incluye, por ejemplo, aeroespacial, marina, automotriz y, por ejemplo, una carcasa utilizada para unidades de potencia auxiliares (APU).

15 Antecedentes

Las partes y otros componentes se pueden fabricar utilizando diversas técnicas de fabricación dependiendo de los requisitos de rendimiento de las piezas y la disponibilidad de equipo de fabricación. La sinterización selectiva por láser (SLS) y la fusión selectiva por láser (SLM) son técnicas de fabricación de aditivo basada en polvo que se pueden usar para construir componentes, en las que una capa de polvo se mantiene a una temperatura elevada y se sinteriza o funde selectivamente usando un láser. Una vez que se ha formado una primera capa de construcción, se forman capas de construcción sucesivas en la parte superior de la primera capa de construcción usando un proceso similar hasta que se completa el objeto tridimensional deseado. Los polvos usados en estos procesos se forman habitualmente de termoplástico, policarbonato, u otro material configurado de manera similar. La fabricación de aditivo basada en polvo, tal como SLS y SLM, puede introducir huecos entre partículas de polvo dentro de una capa de construcción y entre capas de construcción adyacentes formadas durante el proceso, dando por resultado de este modo un objeto con integridad estructural reducida.

WO 2018/148359, en su resumen, indica que se proporciona un material de polímero de núcleo/cubierta adecuado para impresión tridimensional. El material de polímero de núcleo/cubierta puede incluir al menos un polímero amorfo como una partícula de núcleo y al menos un polímero semicristalino como un material de cubierta que circunda la partícula de núcleo.

US 2006/251826, en su resumen, indica un método para recubrir partículas de un material de polvo de plástico, metal y/o cerámica para producir un material de recubrimiento que contiene adhesivo, en particular para producir partículas apropiadas al comprimir un agente de unión de 3D. Este recubrimiento se aplica a partículas fluidizadas en fase gaseosa por medio de una solución de recubrimiento, al menos las partículas y/o partículas recubiertas que se exponen a partículas ionizadas. También se describe un método para producir cuerpos o cuerpos sinterizados a partir de agentes de unión líquidos orgánicos al comprimir el agente de unión de 3D y el uso del mismo.

40 Breve descripción

De acuerdo con un aspecto de la presente divulgación, se proporciona un polvo recubierto para usarse en un proceso de fabricación de aditivo. El polvo recubierto incluye una capa de polímero de base formada de un material de polímero de base que tiene un primer factor de pérdida dieléctrica, y una capa de polímero de recubrimiento que circunda la capa de polímero de base y formada de un material de polímero de recubrimiento que tiene un segundo factor de pérdida dieléctrica, donde el segundo factor de pérdida dieléctrica del material de polímero de recubrimiento es mayor que el primer factor de pérdida dieléctrica del material de polímero de base.

De acuerdo con otro aspecto de la presente divulgación, un método de fabricación de un polvo recubierto para usarse en un proceso de fabricación de aditivo incluye hacer avanzar una pluralidad de partículas de polvo a través de una cámara, cada una de la pluralidad de partículas de polvo que se forma de un material de polímero de base, aplicar un recubrimiento líquido a un exterior de cada una de la pluralidad de partículas de polvo, el recubrimiento líquido que se forma de un material de polímero de recubrimiento, y secar el recubrimiento líquido en la pluralidad de partículas de polvo para formar una pluralidad de partículas de polvo recubiertas. Cada una de la pluralidad de partículas de polvo recubiertas comprende una capa de polímero de base formada por la partícula de polvo y una capa de polímero de recubrimiento formada por el recubrimiento líquido después del secado.

De acuerdo con un aspecto adicional de la presente divulgación, un método para fabricar un objeto por la fabricación de polvo fundido incluye formar un polvo recubierto al hacer avanzar una pluralidad de partículas de polvo a través de una cámara, cada una de la pluralidad de partículas de polvo que se forma de un material de polímero de base, aplicar un recubrimiento líquido a un exterior de cada una de la pluralidad de partículas de polvo, el recubrimiento líquido que se forma de un material de polímero de recubrimiento, y secar el recubrimiento líquido sobre la pluralidad de partículas de polvo para formar una pluralidad de partículas de polvo recubiertas, tal que cada una de la pluralidad de partículas de polvo recubiertas comprende una capa de polímero de base formada por la partícula de polvo y una capa de polímero de recubrimiento formada por el recubrimiento líquido después del secado. El método incluye además depositar el polvo recubierto en una primera capa de construcción sobre un sustrato, calentar porciones seleccionadas de la primera capa de construcción, depositar el polvo recubierto en una segunda capa de construcción sobre el sustrato y sobre la primera

capa de construcción, calentar porciones seleccionadas de la segunda capa de construcción, y calentar dieléctricamente al menos la capa de polímero de recubrimiento del polvo recubierto en las porciones seleccionadas de la primera y segunda capas de construcción usando radiación electromagnética, para fusionar de esta manera partículas adyacentes del polvo recubierto a través de un área de interfaz.

5

Las características, funciones, y ventajas que se han analizado se pueden lograr independientemente en varias realizaciones o se pueden combinar en aun otras realizaciones detalles adicionales de los cuales se pueden ver con referencia a la siguiente descripción y figuras.

10

Breve descripción de las figuras

Las características novedosas que se consideran características de las realizaciones ilustrativas se exponen en las reivindicaciones anexas. Las realizaciones ilustrativas, sin embargo, así como un modo preferido de uso, objetivos adicionales y ventajas de las mismas, se entenderán mejor como referencia a la siguiente descripción detallada de ejemplos ilustrativos de la presente divulgación cuando se lea en conjunto con las figuras anexas, donde:

15

La figura 1 es una ilustración esquemática de un aparato para convertir partículas de polvo en partículas de polvo recubiertas.

20

La figura 2 es una ilustración de partículas de polvo recubiertas de ejemplo formadas de acuerdo con un método de fabricación de un polvo recubierto.

Las figuras 3-7 ilustran un ejemplo de un método para formar un objeto usando partículas de polvo recubierto, de acuerdo con la presente divulgación.

25

Descripción detallada

La siguiente descripción detallada se refiere a tecnologías de fabricación de aditivo basadas en polvo, tal como sinterización selectiva por láser (SLS) o fusión selectiva por láser (SLM). Los ejemplos divulgados en la presente incluyen un polvo recubierto para usarse en estos procesos, métodos para formar el polvo recubierto y métodos para construir un objeto usando el polvo recubierto en un proceso de fabricación de aditivo. El polvo recubierto incluye partículas que tienen una capa de polímero de base formada de un material de polímero de base circundado por una capa de polímero de recubrimiento formada de un material de polímero de recubrimiento. El polvo recubierto es susceptible a calentamiento selectivo, tal como calentamiento dieléctrico a través del uso de radiación electromagnética, para mejorar la resistencia del objeto construido.

30

35

Definiciones

"Fabricación de filamentos fundidos (FFF) es una tecnología de fabricación de aditivo utilizada para la acumulación de capas para formar productos y, por ejemplo, productos, prototipos o modelos tridimensionales. El proceso puede ser rápido para la creación rápida de prototipos y la fabricación para construir la capa después de capa de material fundido para crear un modelo, producto u objeto similar.

40

Como se utiliza en la presente, el término "filamento" se refiere a la materia prima utilizada en un proceso de fabricación de aditivo que tiene una forma delgada, tipo hebra.

45

El término "recubrimiento en polvo" o "recubierto en polvo" o términos similares se refieren en la presente como un tipo de recubrimiento que se aplica, por ejemplo, como polvo seco y usualmente se aplica electrostáticamente y entonces se cura mediante calor, radiación electromagnética tal como microondas, u otra fuente de curado. El polvo puede ser un termoplástico, un polímero termoestable, u otro polímero o material similar.

50

La frase "sinterización selectiva por láser" o "fusión selectiva por láser" y términos similares, como se utiliza en la presente, se refiere a un proceso de fabricación de aditivo que utiliza un láser para sinterizar material en polvo, apuntando el láser al espacio y utilizando un modelo 3D como el patrón, uniendo el material conjuntamente para crear una estructura sólida. Usualmente, el material en polvo es nylon, poliamida o materiales similares.

55

Se hacen referencias a las figuras anexas que forman parte de la presente, y que se muestran a manera de ilustración, realizaciones específicas, o ejemplos. Los números similares representan elementos similares a través de las varias figuras.

60

Volviendo ahora a las figuras, la figura 1 ilustra un aparato 2 para convertir un polvo 4 en un polvo recubierto 6 que se puede utilizar en un proceso de fabricación de aditivo para construir un objeto que tiene una integridad estructural mejorada. Específicamente, el aparato 2 incluye una cámara de recubrimiento 8 que tiene una pared lateral 10 y una base 12. Las perforaciones 14 se forman en la base 12 para permitir que el aire de una fuente de aire presurizado 16 pase a la cámara de recubrimiento 8. Una boquilla 18 se coloca dentro de la cámara de recubrimiento 8 y se acopla de manera fluida a un suministro de recubrimiento 20.

65

En la operación, las partículas de polvo 4 se colocan en la parte inferior de la cámara de recubrimiento 8. La fuente de aire a presión 16 se opera para generar corrientes de aire 22 que soplan las partículas de polvo 4 a través de la cámara de recubrimiento 8. Simultáneamente, el suministro de recubrimiento 20 se opera para pulverizar un recubrimiento 24 desde la boquilla 18 y a través de la cámara de recubrimiento 8, para recubrir de esta manera las partículas de polvo 4 con el recubrimiento 24. En algunos ejemplos, los iones cargados de manera positiva o negativamente también se pueden dispersar desde la boquilla 18 para facilitar el recubrimiento de las partículas de polvo 4 con el recubrimiento 24. El recubrimiento 24 se puede suministrar en una fase líquida que posteriormente se seca y se endurece sobre el polvo 4. Finalmente, el aparato 2 produce el polvo recubierto 6 que tiene una capa de polímero de base 26 y una capa de polímero de recubrimiento 28, como se muestra mejor en la figura 2.

Los materiales utilizados para formar la capa de polímero de base 26 y la capa de polímero de recubrimiento 28 del polvo recubierto 6 permiten el calentamiento selectivo durante un proceso de fabricación de aditivo basado en polvo, promoviendo de esta manera la difusión y unión de cadenas entre capas tal que el objeto de construcción resultante tenga integridad estructural mejorada. Como se analiza en mayor detalle a continuación, los materiales utilizados para la capa de polímero de base 26 y la capa de polímero de recubrimiento 28 se pueden seleccionar con base en la capacidad de respuesta relativa al calentamiento dieléctrico, así como la proximidad de los puntos de fusión y los parámetros de solubilidad.

Con respecto a la capacidad de respuesta al calentamiento dieléctrico, los materiales utilizados en el polvo recubierto 6 se pueden seleccionar tal que la capa de polímero de recubrimiento 28 sea más susceptible al calentamiento en respuesta a la radiación electromagnética que la capa de polímero de base 26. Una propiedad conocida como factor de pérdida dieléctrico (que también se conoce como el factor de disipación y se representa por el símbolo $\tan \delta$) cuantifica la capacidad de un material para disipar la energía electromagnética aplicada en la forma de calor. Un material con un factor de pérdida dieléctrica más alto se calentará más en respuesta a un campo electromagnético aplicado que un material con un factor de pérdida dieléctrica más bajo. Para enfocar el calentamiento en la superficie externa del polvo recubierto 6, la capa de polímero de recubrimiento 28 se forma de un material de polímero de recubrimiento que tiene un factor de pérdida dieléctrica mayor que un material de polímero de base usado para la capa de polímero de base 26. En algunos ejemplos, el material de polímero de recubrimiento tiene un valor de $\tan \delta$ de al menos aproximadamente 50 veces el valor de $\tan \delta$ del material de polímero de base. De manera adicional o alternativamente, el material de polímero de base tiene un valor de $\tan \delta$ menor que 0,05 y el material de polímero de recubrimiento puede tener un $\tan \delta$ mayor que 0,05.

El polvo recubierto 6 puede usar además materiales para la capa de polímero de base 26 y la capa de polímero de recubrimiento 28 que tienen puntos de fusión similares, lo que mejora la resistencia del objeto de construcción formado por capas de construcción de polvo recubierto 6 depositadas durante el proceso de fabricación de aditivo. Como se indica anteriormente, el material de polímero de recubrimiento tiene un factor de pérdida dieléctrica más alto y, por lo tanto, genera calor directamente en respuesta a la aplicación de energía electromagnética. El material de polímero de base se puede seleccionar tal que tenga un punto de fusión que esté próximo a ese del material de polímero de recubrimiento, tal que el calentamiento de la capa de polímero de recubrimiento 28 por la energía electromagnética, a su vez, caliente al menos una porción externa de la capa de polímero de base 26. Este calentamiento indirecto de la capa de polímero de base 26 provoca que la capa de polímero de base 26 permanezca en el estado ablandado y/o fundido durante un período de tiempo más largo, promoviendo de esta manera una difusión y unión incrementadas entre partículas adyacentes de polvo recubierto 6 después de que se depositen sobre el sustrato. Los puntos de fusión del material de polímero de base y el material de polímero de recubrimiento permiten preferentemente la formación de una morfología sólida y líquida. En algunos ejemplos, el material de polímero de base tiene un primer punto de fusión, el material de polímero de recubrimiento tiene un segundo punto de fusión, y el primer punto de fusión del material de polímero de base está dentro de los 20 grados Celsius del segundo punto de fusión del material de polímero de recubrimiento. Se ha encontrado que los materiales con puntos de fusión dentro de aproximadamente 20 grados, o aproximadamente 18 grados, o aproximadamente 15 grados Celsius generan suficiente calor para prolongar el estado fundido de la capa de polímero de base 26 para promover la difusión y la unión entre las partículas de polvo recubierto 6 depositadas y calentadas durante la fabricación de aditivo.

Los materiales seleccionados para la capa de polímero de base 26 y la capa de polímero de recubrimiento 28 pueden tener además parámetros de solubilidad compatibles, promoviendo además la unión entre partículas adyacentes de polvo recubierto 6 cuando se usan en el proceso de fabricación de aditivo. Por ejemplo, el material de polímero de recubrimiento puede ser inmiscible con el material de polímero de base para impedir la separación de fases y promover la fusión de las capas de polímero de base de partículas adyacentes durante la fabricación de aditivo. En algunos ejemplos, el material de polímero de base tiene un primer parámetro de solubilidad, el material de polímero de recubrimiento tiene un segundo parámetro de solubilidad, y el segundo parámetro de solubilidad está dentro de aproximadamente $10 \text{ (J/cc)}^{0.5}$ del primer parámetro de solubilidad. Se ha descubierto que los materiales con parámetros de solubilidad dentro de aproximadamente $10 \text{ (J/cc)}^{0.5}$, o aproximadamente $8 \text{ (J/cc)}^{0.5}$, o aproximadamente $5 \text{ (J/cc)}^{0.5}$ entre sí promueven ventajosamente la entremezcla cuando se calientan durante el proceso de fabricación de aditivo.

En vista de las consideraciones anteriores, los materiales de polímero de base adecuados incluyen polietileno, tereftalato de polietileno, polipropileno, poliamidas, polieteretercetona, sulfuro de polifenileno, polieterimida, poliestireno, acrilonitrilo/butadieno/estireno, poliacrilatos, poliacrilonitrilo, policarbonato, o cualquier mezcla de los mismos.

Los materiales de polímero de recubrimiento adecuados incluyen alcohol polivinílico, fluoruro de polivinilideno, poliuretano, poliamida imida, poliamida, cloruro de polivinilo, acrílico, ésteres de celulosa, o mezclas de los mismos. Otros ejemplos de materiales de polímero de recubrimiento adecuados incluyen materiales y solventes que contienen grupos funcionales -OH, -NH, C=O, -N=O con un alto factor de pérdida dieléctrica. Otros ejemplos de materiales poliméricos de recubrimiento adecuados incluyen poliacrilonitrilo (tan $\delta=0,1$ a 60 Hz), polietilenglicol, o mezclas de los mismos. En algunos ejemplos, el material de polímero de recubrimiento es particularmente sensible a energía electromagnética en un intervalo de frecuencia específico, tal como energía de microondas en el intervalo de GHz.

La tabla 1 compara los factores de pérdida dieléctrica, los puntos de fusión, y los parámetros de solubilidad para un ejemplo específico en el que el material de polímero de recubrimiento es alcohol polivinílico y el material de polímero de base es Ultem^{MR} 1010 (polieterimida):

Tabla 1

Material	tan δ	Tm/Tg (grados Celsius)	Parámetro de solubilidad ((J/cc) ^{0,5})
Ultem ^{MR} 1010 (polieterimida)	0,001	186	28
Alcohol polivinílico	0,185	200	24

En este ejemplo, el uso de Ultem^{MR} 1010 (polieterimida) como el material de polímero de base y alcohol polivinílico como el material de polímero de recubrimiento es ventajoso debido a que el alcohol polivinílico tiene un alto factor de pérdida dieléctrica (tan $\delta=0,185$ en el intervalo de frecuencia de MHz-GHz), en relación con Ultem^{MR} 1010 (tan $\delta=0,001$ en el intervalo de frecuencia de MHz-GHz), los puntos de fusión de los dos materiales están separados por 14 grados Celsius y los parámetros de solubilidad son cercanos, lo que indica compatibilidad.

Además de las características químicas, la capa de polímero de base 26 y la capa de polímero de recubrimiento 28 pueden tener además características físicas que indiquen idoneidad para promover la fusión, la unión, y el entremezclado. Por ejemplo, la capa de polímero de base 26 puede tener un diámetro dentro de un intervalo de aproximadamente 0,01 a aproximadamente 0,5 milímetros, o dentro de un intervalo de aproximadamente 0,05 a aproximadamente 0,4 milímetros, o dentro de un intervalo de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 0,3 milímetros. La capa de polímero de recubrimiento 28 puede tener un espesor dentro de un intervalo de aproximadamente 1 micrómetro a aproximadamente 50 micrones, o dentro de un intervalo de aproximadamente 5 micrones a aproximadamente 25 micrones, o dentro de un intervalo de aproximadamente 10 micrones a aproximadamente 20 micrones.

Las figuras 3-7 ilustran un ejemplo de un método para formar un objeto 90 usando partículas de polvo recubierto 6, de acuerdo con la presente divulgación. Como se muestra mejor en la figura 3, el método comienza con la deposición de una primera capa de construcción 102 de partículas de polvo recubierto 6 sobre un sustrato 104. Cada una de las partículas de polvo recubierto 6 incluye un núcleo formado por la capa de polímero de base 26 que se circunda por la capa de polímero de recubrimiento 28. Las partículas de polvo recubierto 6 se pueden formar utilizando el aparato 2 de la figura 1, o se puede formar por un aparato y/o método diferente. Como se muestra en la figura 4, las partículas seleccionadas de polvo recubierto 6 en la primera capa de construcción 102 se funden o sinterizan usando un láser 106. La figura 5 representa las partículas seleccionadas 108 de polvo recubierto 6 de la primera capa de construcción 102 después de la fusión o sinterización. El método continúa como se muestra en la figura 6 al depositar una segunda capa de construcción 110 de partículas de polvo recubierto 6 sobre la primera capa de construcción 102, y al fundir o sinterizar partículas seleccionadas de polvo recubierto 6, para formar el objeto 90 con tres dimensiones.

Como se muestra adicionalmente en la figura 6, el método incluye dirigir la radiación electromagnética 120 hacia el objeto 90 para promover la difusión y la unión entre partículas adyacentes de polvo recubierto 6. Debido a que al menos el material de polímero de recubrimiento responde al calentamiento dieléctrico, se fundirá para llenar cualquier hueco entre las partículas adyacentes del polvo recubierto 6. La radiación electromagnética 120 se proporciona por una fuente de calentamiento 122 que se controla para dirigir la radiación electromagnética 120 a áreas seleccionadas del objeto 90 o todo el objeto 90. Una duración durante la cual se aplica la radiación electromagnética 120 también se puede controlar para fortalecer una o más áreas localizadas del objeto 90, o todo el objeto 90. Además, la radiación electromagnética 120, en un ejemplo, puede ser microondas que tienen frecuencias en un intervalo entre 300 MHz y 300 GHz. En este ejemplo, el material de polímero de recubrimiento tiene un alto factor de pérdida dieléctrica y es susceptible a la radiación de microondas y, por lo tanto, al calentamiento dieléctrico.

Puesto que el material de polímero de recubrimiento tiene un factor de pérdida dieléctrica más alto, y el material de polímero de base tiene un factor de pérdida dieléctrica más bajo, se puede seleccionar una frecuencia de la radiación electromagnética tal que sólo la capa de polímero de recubrimiento 28 se funda directamente en respuesta a la radiación electromagnética. Además, el material de polímero de base puede tener un punto de fusión cercano a ese del material de polímero de recubrimiento, tal que la capa de polímero de base 26 se funda al menos parcialmente en respuesta al calentamiento de la capa de polímero de recubrimiento 28. Por consiguiente, la capa de polímero de recubrimiento 28 se fundirá directamente y la capa de polímero de base 26 se fundirá indirectamente en respuesta a la radiación electromagnética 120. En otros ejemplos, la radiación electromagnética 120 puede calentar directamente tanto la capa de polímero de recubrimiento 28 como la capa de polímero de base 26. En cualquier caso, las porciones fundidas de la capa de polímero de base 26 en partículas adyacentes se pueden fusionar conjuntamente, evitando la formación de huecos

entre partículas adyacentes y promoviendo la integridad estructural del objeto construido.

5 En ejemplos donde el material de polímero de recubrimiento y el material de polímero de base tienen parámetros de solubilidad compatibles (ver el ejemplo no limitante en la tabla 1), la fusión tanto de la capa de polímero de recubrimiento 28 como de la capa de polímero de base 26 crea una mezcla homogénea y, por lo tanto, no se presenta separación de fases cuando las capas fundidas se enfrían y endurecen posteriormente.

10 La figura 7 ilustra el objeto final 90, con todas las partículas no fundidas o no sinterizadas de polvo recubierto 6 removidas del sustrato 104. El objeto resultante 90 no tiene huecos entre las partículas o capas de construcción.

Se debe entender que las figuras no necesariamente se dibujan a escala y que los ejemplos divulgados a veces se ilustran esquemáticamente. Se apreciará además que la siguiente divulgación detallada es de naturaleza simplemente de ejemplo y no se propone que limite la divulgación de la solicitud y los usos de la misma.

15 Por lo tanto, aunque la presente divulgación se representa y describe, por conveniencia de explicación, como ciertos ejemplos ilustrativos, se apreciará que se puede implementar en varios otros tipos de ejemplos y en varios otros sistemas y entornos.

REIVINDICACIONES

1. Un polvo recubierto (6) para usarse en un proceso de fabricación de aditivo, cada una de las partículas del polvo recubierto (6) que comprende:

una capa de polímero de base (26) que forma un núcleo y formada de un material de polímero de base que tiene un primer factor de pérdida dieléctrico, $\tan \delta$, este material de polímero de base que comprende polieterimida; y una capa de polímero de recubrimiento (28) que circunda la capa de polímero de base (26) y formada de un material de polímero de recubrimiento que tiene un segundo factor de pérdida dieléctrico, $\tan \delta$, este material de polímero de recubrimiento que comprende alcohol polivinílico, donde el segundo factor de pérdida dieléctrico del material de polímero de recubrimiento es mayor que el primer factor de pérdida dieléctrico del material de polímero de base.

2. El polvo recubierto (6) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el material de polímero de base tiene un primer punto de fusión, el material de polímero de recubrimiento tiene un segundo punto de fusión, y el primer punto de fusión está dentro de aproximadamente 20 grados Celsius del segundo punto de fusión.

3. El polvo recubierto (6) de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, en donde el material de polímero de base tiene un primer parámetro de solubilidad, el material de polímero de recubrimiento tiene un segundo parámetro de solubilidad, y el segundo parámetro de solubilidad está dentro de aproximadamente $10 \text{ (J/cc)}^{0.5}$ del primer parámetro de solubilidad.

4. El polvo recubierto (6) de acuerdo con la reivindicación 3, en donde el segundo parámetro de solubilidad está dentro de aproximadamente $8 \text{ (J/cc)}^{0.5}$ del primer parámetro de solubilidad.

5. El polvo recubierto (6) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde la capa de polímero de base (26) tiene un diámetro de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 5 milímetros, y la capa de polímero de recubrimiento (28) tiene un espesor de aproximadamente 1 a aproximadamente 1.000 micrones.

6. Un método de fabricación de un polvo recubierto (6) para usarse en un proceso de fabricación de aditivo, el método que comprende:

hacer avanzar una pluralidad de partículas de polvo (4) a través de una cámara (8), cada una de la pluralidad de partículas de polvo (4) que se forma de un material de polímero de base que tiene un primer factor de pérdida dieléctrico, $\tan \delta$, este material de polímero de base que comprende polieterimida; aplicar un recubrimiento líquido (24) a un exterior de cada una de la pluralidad de partículas de polvo (4), el recubrimiento líquido (24) que se forma de un material de polímero de recubrimiento que tiene un segundo factor de pérdida dieléctrica que es mayor que el primer factor de pérdida dieléctrica del material de polímero de base, este material de polímero de recubrimiento que comprende alcohol de polivinilo; y secar el recubrimiento líquido (24) sobre la pluralidad de partículas de polvo (4) para formar una pluralidad de partículas de polvo recubiertas (6); donde cada una de la pluralidad de partículas de polvo recubiertas (6) comprende una capa de polímero de base (26) formada por la partícula de polvo (4) y una capa de polímero de recubrimiento (28) formada por el recubrimiento líquido (24) después del secado.

7. El método de acuerdo con la reivindicación 6, en donde hacer avanzar la pluralidad de partículas de polvo (4) a través de la cámara (8) comprende proporcionar la cámara (8) con perforaciones (14) y dirigir aire presurizado a través de las perforaciones (14) para formar corrientes de aire (22) a través de la cámara (8).

8. El método de acuerdo con las reivindicaciones 6 o 7, en donde aplicar el recubrimiento líquido (24) al exterior de cada una de la pluralidad de partículas de polvo (4) comprende pulverizar el recubrimiento líquido (24) desde una boquilla (18) colocada en la cámara (8).

9. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, en donde:

el material de polímero de base tiene un primer punto de fusión; el material de polímero de recubrimiento tiene un segundo punto de fusión; y el primer punto de fusión está dentro de aproximadamente 20 grados Celsius del segundo punto de fusión.

10. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9, en donde:

el material de polímero de base tiene un primer parámetro de solubilidad; el material de polímero de recubrimiento tiene un segundo parámetro de solubilidad; y el segundo parámetro de solubilidad está dentro de aproximadamente $10 \text{ (J/cc)}^{0.5}$ del primer parámetro de solubilidad.

11. El método de acuerdo con la reivindicación 10, en donde el segundo parámetro de solubilidad está dentro de aproximadamente $8 \text{ (J/cc)}^{0.5}$ del primer parámetro de solubilidad.

12. El método de acuerdo con la reivindicación 11, en donde el segundo parámetro de solubilidad está dentro de

aproximadamente $5 \text{ (J/cc)}^{0.5}$ del primer parámetro de solubilidad

5 13. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6 a 12, en donde la capa de polímero de base (26) tiene un diámetro de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 5 milímetros, y la capa de polímero de recubrimiento (28) tiene un espesor de aproximadamente 1 a aproximadamente 1.000 micrones.

14. Un método para fabricar un objeto (50) por fabricación de polvo fundido, que comprende:

10 formar un polvo recubierto (6) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6 a 13, el método que comprende además depositar el polvo recubierto (6) en una primera capa de construcción (52) sobre un sustrato (104);
calentar porciones seleccionadas de la primera capa de construcción (52);
depositar el polvo recubierto en una segunda capa de construcción (60) sobre el sustrato (104) y sobre la primera capa de construcción (52);
15 calentar porciones seleccionadas de la segunda capa de construcción (60); y
calentar dieléctricamente al menos la capa de polímero de recubrimiento del polvo recubierto (6) en las porciones seleccionadas de la primera y segunda capas de construcción (52, 60) usando radiación electromagnética (120), para fusionar partículas adyacentes del polvo recubierto (6) a través de un área de interfaz.

20 15. El método de acuerdo con la reivindicación 14, en donde calentar dieléctricamente al menos la capa de polímero de recubrimiento del polvo recubierto en las porciones seleccionadas de la primera y segunda capas de construcción comprende aplicar la radiación electromagnética (120) en un intervalo de frecuencias de microondas.

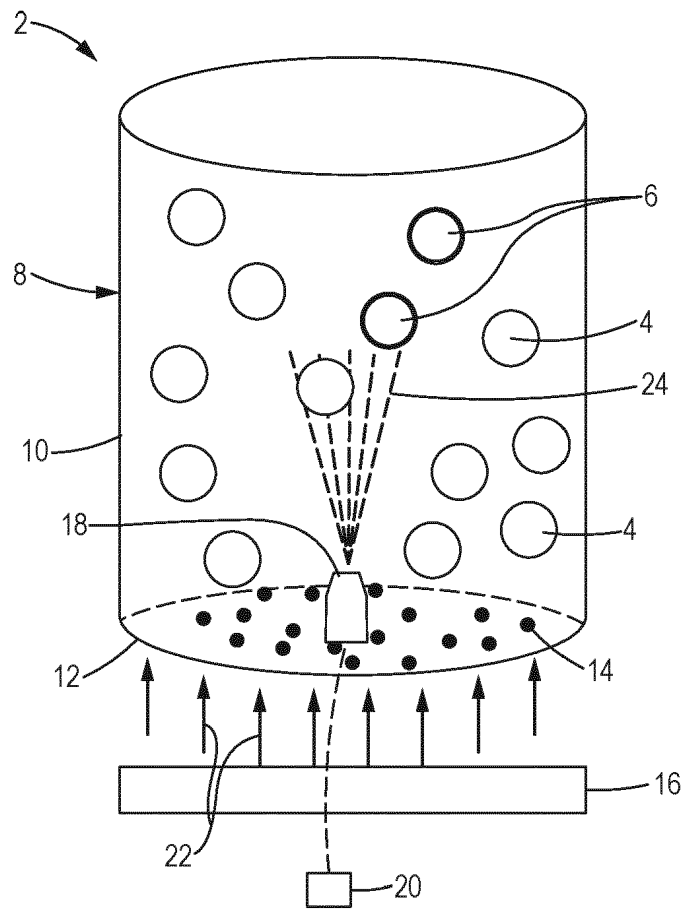


FIGURE 1

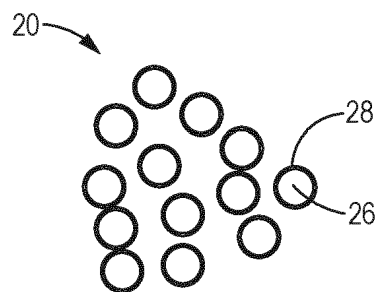


FIGURE 2

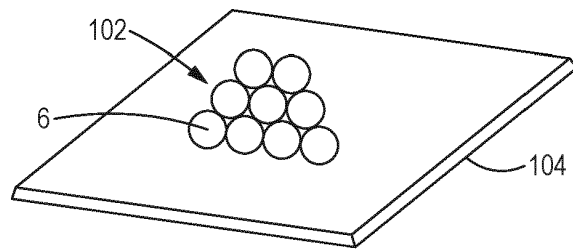


FIGURE 3

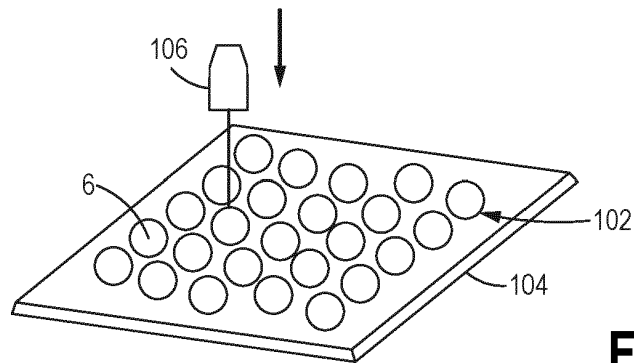


FIGURE 4

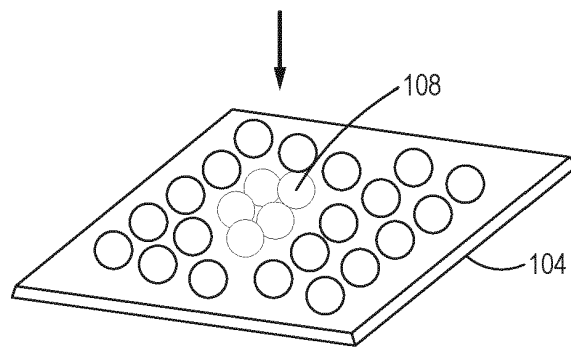


FIGURE 5

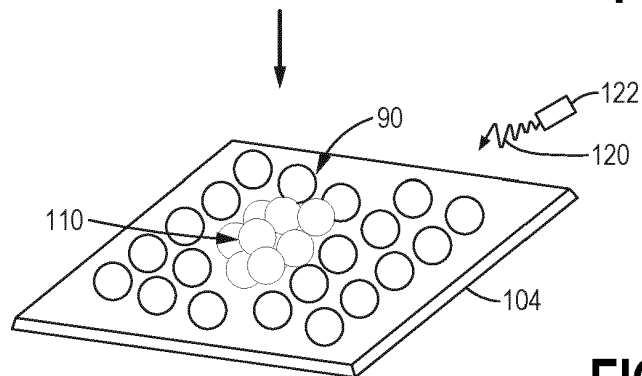


FIGURE 6

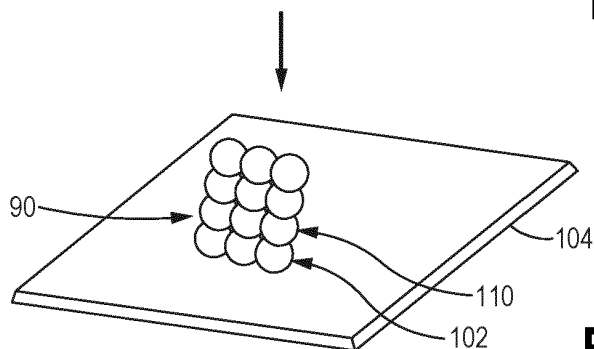


FIGURE 7