

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 685 700**

51 Int. Cl.:

B22F 3/105	(2006.01)
C22C 1/04	(2006.01)
C22C 9/00	(2006.01)
C22C 9/10	(2006.01)
B33Y 80/00	(2015.01)
B22F 1/00	(2006.01)
C22C 9/06	(2006.01)
B22F 3/24	(2006.01)
B22F 9/08	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.05.2016 E 16169139 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.07.2018 EP 3093086**

54 Título: **Método de producción de artículo fabricado de manera aditiva y artículo fabricado de manera aditiva**

30 Prioridad:

13.05.2015 JP 2015097974

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.10.2018

73 Titular/es:

DAIHEN CORPORATION (50.0%)
1-11, Tagawa 2-chome, Yodogawa-ku, Osaka-shi
Osaka 532-8512, JP y
OSAKA RESEARCH INSTITUTE OF INDUSTRIAL
SCIENCE AND TECHNOLOGY (50.0%)

72 Inventor/es:

TSUBOTA, RYUSUKE;
TANAKA, JYUNICHI;
OKA, YOHEI;
NAKAMOTO, TAKAYUKI;
SUGAHARA, TAKAHIRO;
TAKEMURA, MAMORU y
UCHIDA, SOHEI

74 Agente/Representante:

FÚSTER OLAGUIBEL, Gustavo Nicolás

ES 2 685 700 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

Método de producción de artículo fabricado de manera aditiva y artículo fabricado de manera aditiva

5 Antecedentes de la invención

Campo de la invención

10 La presente invención se refiere a un método de producción de un artículo fabricado de manera aditiva y a un artículo fabricado de manera aditiva.

Descripción de la técnica anterior

15 La patente japonesa abierta a inspección pública nº. 2011-21218 divulga un aparato de fabricación aditiva por láser (denominado "impresora 3D") para polvo metálico. La solicitud de patente europea EP0469578 A2 divulga un polvo metálico, que sería adecuado para un procedimiento de fabricación aditivo, que comprende el 0,5 % en masa de cromo y el resto de cobre.

20 La solicitud de patente europea EP1361288 A1 divulga un método de producción de un artículo fabricado de manera aditiva a partir de un polvo basado en cobre.

Sumario de la invención

25 El método de fabricación aditiva para polvo metálico es interesante como tecnología de procesado para productos metálicos. Una ventaja de este método es que pueden producirse formas complicadas que resultan imposibles mediante trabajo de corte. Hasta ahora se ha informado de ejemplos de artículos fabricados de manera aditiva producidos a partir de polvo de aleación a base de hierro, polvo de aleación de aluminio, polvo de aleación de titanio, y similares. Actualmente, sin embargo, los tipos de metales disponibles para la fabricación aditiva son limitados y existe una determinada restricción en cuanto a los productos de metal a los que puede aplicarse fabricación aditiva.

30 Un objeto de la presente invención es proporcionar un método de producción de un artículo fabricado de manera aditiva y un artículo fabricado de manera aditiva, que exhiben ambos una resistencia mecánica y conductividad eléctrica adecuadas.

35 [1] En un primer aspecto, la presente invención se refiere a un método de producción de un artículo fabricado de manera aditiva que incluye: una primera etapa de formación de una capa de polvo que incluye un polvo metálico que comprende no menos del 0,10 % en masa y no más del 1,00 % en masa de al menos uno de cromo y silicio, siendo el contenido total del cromo y el silicio de no más del 1,00 % en masa, y el resto de cobre; y una segunda etapa de formación de una capa conformada solidificando el polvo metálico en una posición predeterminada en la capa de polvo. La primera etapa y la segunda etapa de este método de producción se repiten sucesivamente para apilar las capas conformadas y producir un artículo fabricado de manera aditiva.

45 [2] En un segundo aspecto, la presente invención se refiere a un artículo fabricado de manera aditiva preparado a partir de una aleación de cobre. La aleación de cobre contiene: no menos del 0,10 % en masa y no más del 1,00 % en masa de al menos uno de cromo y silicio, siendo el contenido total del cromo y el silicio de no más del 1,00 % en masa; y el resto de cobre. El artículo fabricado de manera aditiva tiene una densidad relativa de no menos del 96 % y no más del 100 % con respecto a una densidad teórica de la aleación de cobre, y tiene una conductividad eléctrica de no menos del 26 % IACS.

50 [3] En un tercer aspecto, la presente invención se refiere a un uso de un polvo metálico en un método de fusión de lecho de polvo o un método de deposición de energía directo para fabricación aditiva, comprendiendo el polvo metálico no menos del 0,10 % en masa y no más del 1,00 % en masa de al menos uno de cromo y silicio, siendo el contenido total de cromo y silicio de no más del 1,00 % en masa, y el resto de cobre.

55 Las realizaciones preferidas del método de producción de un artículo fabricado de manera aditiva, el artículo fabricado de manera aditiva y el uso según la presente invención son el objetivo de las reivindicaciones dependientes.

60 Los anteriores y otros objetos, características, aspectos y ventajas de la presente invención resultarán más evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de la presente invención cuando se toma conjuntamente con los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

65 La Figura 1 es un diagrama de flujo que muestra generalmente un método de producción de un artículo fabricado de manera aditiva según una realización de la presente invención.

La Figura 2 es un diagrama esquemático que muestra un ejemplo de datos STL.

La Figura 3 es un diagrama esquemático que muestra un ejemplo de datos de corte.

La Figura 4 es un primer diagrama esquemático que ilustra un proceso de producción de un artículo fabricado de manera aditiva.

La Figura 5 es un segundo diagrama esquemático que ilustra el proceso de producción de un artículo fabricado de manera aditiva.

La Figura 6 es un tercer diagrama esquemático que ilustra el proceso de producción de un artículo fabricado de manera aditiva.

La Figura 7 es un cuarto diagrama esquemático que ilustra el proceso de producción de un artículo fabricado de manera aditiva.

La Figura 8 es una vista en planta que muestra una muestra de ensayo usada para un ensayo de tracción.

Descripción de las realizaciones preferidas

A continuación se describirá una realización de la presente invención (en lo sucesivo denominada en el presente documento "la presente realización"). La presente invención, sin embargo, no se limita a la misma.

Inicialmente, se describirá el modo en el que los inventores de la presente invención lograron la presente realización.

Para partes mecánicas que se requiere que tengan una resistencia mecánica y conductividad eléctrica adecuadas, se usa principalmente cobre. Los ejemplos de tales partes mecánicas pueden ser por ejemplo partes de soplete de soldadura, instalación de distribución de energía eléctrica y similares. Los inventores atomizaron un lingote de cobre puro para obtener de ese modo polvo de cobre, e intentaron producir un artículo fabricado de manera aditiva a partir de este polvo de cobre. Sin embargo, no pudo obtenerse un artículo deseado fabricado de manera aditiva mediante este método. Específicamente, el artículo producido tenía muchos huecos y la densidad del artículo disminuyó significativamente con respecto a la del lingote original. Además, la conductividad eléctrica del artículo disminuyó también significativamente con respecto a la del lingote original. Se considera que la disminución de la densidad da como resultado inevitablemente una disminución de la resistencia mecánica. Los inventores intentaron mejorar las propiedades físicas cambiando diversas condiciones. Siempre que se usó el cobre puro, sin embargo, las propiedades físicas finales no fueron estables incluso en las mismas condiciones, y fue imposible obtener resistencia mecánica y conductividad eléctrica adecuadas.

Entonces, los inventores estudiaron aleaciones de cobre. Como resultado de ello, los inventores encontraron que se podía usar una aleación de polvo de cobre que tenía una composición de aleación específica para producir un artículo fabricado de manera aditiva que tenía tanto una resistencia mecánica adecuada como una conductividad eléctrica apropiada.

"Tener tanto una resistencia mecánica adecuada como una conductividad eléctrica apropiada" en el presente documento significa que un artículo fabricado de manera aditiva satisface la totalidad de las siguientes condiciones (a) a (c).

(1) La resistencia a la tracción es aproximadamente igual a o mayor de 195 MPa. Concretamente, la resistencia a la tracción es aproximadamente equivalente a o mayor que la de un lingote de cobre libre de oxígeno (UNS N.º: C10200). La resistencia a la tracción se mide mediante el siguiente procedimiento. Para la medición de la resistencia a la tracción, se usa a máquina para ensayos de tracción de grado uno o más según la norma "JIS B 7721: Tension/compression testing machines - verification and calibration of the force-measuring system". Se fabrica una muestra de ensayo 20 con forma de pesa mostrada en la figura 8. La muestra de ensayo 20 con forma de pesa se somete a tracción a una velocidad de 2 mm/min usando la máquina para ensayos de tracción hasta que se rompe la muestra de ensayo. En este momento, como herramienta de agarre o dispositivo de sujeción, se usa cualquier herramienta apropiada para la forma de la muestra de ensayo 20 con forma de pesa. Se hacen adicionalmente ajustes de modo que se aplica una fuerza en la dirección axial de la muestra de ensayo 20 con forma de pesa. Se mide la tensión de tracción máxima detectada antes de que se rompa la muestra de ensayo. La tensión de tracción máxima se divide entre el área en sección transversal de una parte 21 paralela para calcular de ese modo la tensión de tracción. El área en sección transversal de la parte 21 paralela es de $9,616 \text{ mm}^2$ ($= \pi \times 3,5 \text{ mm} \times 3,5 \text{ mm} / 4$). Las dimensiones de las partes respectivas de la muestra 20 de ensayo en forma de mancuerna son las siguientes.

longitud total L0 de la muestra de ensayo 20 con forma de pesa: 36 mm

longitud L1 de la parte paralela 21: $18 \pm 0,5 \text{ mm}$

diámetro D1 de la parte paralela 21: $3,5 \pm 0,05$ mm

radio R de la parte de hombro 23: 10 mm

longitud L2 de la parte de agarre 22: 4,0 mm

diámetro D2 de la parte de agarre 22: 6,0 mm

(b) La densidad relativa con respecto a la densidad teórica es del 96 % o más. La densidad teórica de una aleación en el presente documento se refiere a la densidad de un material de fundición que tiene la misma composición que la aleación. La densidad relativa con respecto a la densidad teórica es un valor porcentual determinado al dividir la densidad medida realmente del artículo fabricado de manera aditiva entre la densidad teórica de la aleación.

(c) La conductividad eléctrica es del 26 % IACS o más, con respecto a la conductividad eléctrica del 100 % IACS (International Annealed Copper Standard) de una norma de cobre recocido. Concretamente, la conductividad eléctrica es aproximadamente equivalente o mayor que la de un lingote de latón (UNS N.º: C26000).

[Polvo metálico]

El polvo metálico para su uso en la presente realización es un polvo metálico para fabricación aditiva. El polvo metálico corresponde a tóner/tinta para una impresora bidimensional convencional. El polvo metálico contiene: no menos del 0,10 % en masa y no más del 1,00 % en masa de al menos uno de cromo (Cr) y silicio (Si), siendo el contenido total de Cr y Si de no más del 1,00 % en masa; y el resto de cobre (Cu). El contenido de Cu en el polvo metálico puede ser por ejemplo de no menos del 98 % en masa, no menos del 98,5 % en masa o no menos del 99,0 % en masa.

El contenido de Cu en el polvo metálico puede medirse mediante un método que se ajusta a la norma "JIS H 1051: Copper and copper alloys - Determination of copper content". El contenido de Cr puede medirse mediante una espectrometría de emisión por ICP que se ajusta a la norma "JIS H 1071: Methods for determination of chromium in copper and copper alloys". El contenido de Si puede medirse mediante una espectrometría de emisión por ICP que se ajusta a la norma "JIS H 1061: Methods for determination of silicon in copper and copper alloys". El límite superior de al menos uno de Cr y Si en el polvo metálico puede ser del 0,90 % en masa, el 0,80 % en masa, el 0,70 % en masa o el 0,60 % en masa. El límite inferior de al menos uno de Cr y Si puede ser del 0,15 % en masa o el 0,20 % en masa.

El polvo metálico puede contener un elemento de impureza además de Cu Cr y Si. El elemento de impureza puede ser un elemento (elemento aditivo) añadido intencionadamente durante la producción. Concretamente, en el polvo metálico para su uso en la presente realización, el resto puede ser Cu y un elemento aditivo. El elemento de impureza puede ser también un elemento (impureza accidental) mezclado accidentalmente durante la producción. Concretamente, en el polvo metálico para su uso en la presente realización, el resto puede ser Cu y una impureza accidental. Alternativamente, el resto puede ser Cu, un elemento aditivo y una impureza accidental. Los ejemplos de elemento de impureza pueden ser oxígeno (O), fósforo (P) y similares. El contenido del elemento de impureza puede ser por ejemplo menor del 0,10 % en masa o menor del 0,05 % en masa.

El polvo metálico para su uso en la presente realización incluye por ejemplo un polvo de aleación de cobre que contiene cromo y un polvo de aleación de cobre que contiene silicio tal como se detalla a continuación.

Polvo de aleación de cobre que contiene cromo

El polvo de aleación de cobre que contiene cromo contiene no menos del 0,10 % en masa y no más del 0,60 % en masa de Cr, y el resto de Cu. Tal como se describió anteriormente, el resto puede incluir además un elemento aditivo y/o una impureza accidental. Cabe esperar que un artículo fabricado de manera aditiva producido a partir de esta aleación de polvo de cobre que tiene una composición química de este tipo mejore particularmente en cuanto a conductividad eléctrica. En el polvo de aleación de cobre que contiene cromo, el límite inferior del contenido de Cr puede ser por ejemplo del 0,15 % en masa, el 0,20 % en masa o el 0,25 % en masa. El límite superior del contenido de Cr puede ser por ejemplo del 0,55 % en masa o el 0,50 % en masa. El contenido de Cr puede ser por ejemplo de no menos del 0,22 % en masa y no más del 0,51 % en masa. En el caso en el que el contenido de Cr se encuentre dentro de estos intervalos, el artículo fabricado de manera aditiva puede tener una conductividad eléctrica y resistencia mecánica bien equilibradas.

Polvo de aleación de cobre que contiene silicio

El polvo de aleación de cobre que contiene silicio incorpora no menos del 0,10 % en masa y no más del 0,60 % en masa de Si, y el resto de Cu. Tal como se describió anteriormente, el resto puede incluir un elemento aditivo y/o una impureza accidental. Cabe esperar que un artículo fabricado de manera aditiva producido a partir de esta aleación

de polvo de cobre que tiene una composición química de este tipo mejore particularmente en cuanto a resistencia mecánica. En el polvo de aleación de cobre que contiene silicio, el límite inferior del contenido de Si puede ser por ejemplo del 0,15 % en masa, el 0,20 % en masa o el 0,25 % en masa. El límite superior del contenido de Si puede ser por ejemplo del 0,55 % en masa o el 0,50 % en masa. El contenido de Si puede ser por ejemplo de no menos del 0,21 % en masa y no más del 0,55 % en masa. En el caso en el que el contenido de Si se encuentre dentro de estos intervalos, el artículo fabricado de manera aditiva puede tener una conductividad eléctrica y resistencia mecánica bien equilibradas.

Distribución del tamaño de partícula

La distribución del tamaño de partícula del polvo metálico se ajusta apropiadamente en base a condiciones para producir el polvo, dimensionarlo, tamizado o similares. El tamaño de partícula promedio del polvo metálico puede ajustarse según la inclinación con la que se apilan capas para producir un artículo fabricado de manera aditiva. El tamaño de partícula promedio del polvo metálico puede ser por ejemplo de aproximadamente 100 a 200 μm , de aproximadamente 50 a 100 μm o de aproximadamente 5 a 50 μm . El tamaño de partícula promedio en el presente documento se refiere a un tamaño de partícula a un valor acumulativo del 50 % (denominado "d50") en una distribución de tamaño de partícula medido mediante el método de difracción/dispersión de láser. La forma de partícula del polvo metálico no está particularmente limitada. La forma de partícula puede ser una forma sustancialmente esférica o una forma irregular.

Método de producción de polvo metálico

El polvo metálico para su uso en la presente realización se produce por ejemplo mediante un método de atomización de gas o un método de atomización de agua. Concretamente, aunque se dejan caer los componentes de aleación en el estado fundido desde la parte inferior de una artesa de colada, se permite que los componentes de aleación entren en contacto con gas a alta presión o agua a alta presión, y los componentes de aleación se enfrían rápidamente para solidificarse. De esta manera, los componentes de aleación se forman para dar lugar a las partículas. Alternativamente, puede usarse, por ejemplo, un método de atomización de plasma, un método de atomización centrífuga, o similar para producir el polvo metálico. El polvo metálico obtenido mediante estos métodos de producción tiende a posibilitar la obtención de un artículo denso fabricado de manera aditiva.

[Método de producción de un artículo fabricado de manera aditiva]

A continuación, se describirá un método de producción de un artículo fabricado de manera aditiva a partir del polvo metálico descrito anteriormente. En este caso, se aportará una descripción de un método de fusión de lecho de polvo que usa un láser como medio para solidificar el polvo metálico. Este medio, sin embargo, no está limitado al láser siempre que el medio pueda solidificar el polvo metálico. El medio puede ser por ejemplo un haz de electrones, plasma o similar. En la presente realización, se puede usar un método de fabricación aditiva (AM) distinto del método de fusión de lecho de polvo. Por ejemplo, en la presente realización, también se puede usar el método de deposición de energía dirigida. Además, en la presente realización, se puede realizar el corte durante la fabricación aditiva.

La Figura 1 es un diagrama de flujo que muestra en general un método de producción de un artículo fabricado de manera aditiva de la presente realización. Este método de producción incluye una etapa de procesado de datos (S10) y una etapa de fabricación aditiva (S20). El método de producción puede incluir también una etapa de tratamiento térmico (S30) después de la etapa de fabricación aditiva (S20). La etapa de fabricación aditiva (S20) incluye una primera etapa (S21) y una segunda etapa (S22). Según este método de producción, la primera etapa (S21) y la segunda etapa (S22) se repiten sucesivamente para producir de ese modo un artículo fabricado de manera aditiva. El método se describe a continuación en el presente documento con referencia a las Figuras 1 a 7.

1. Etapa de procesamiento de datos (S10)

En primer lugar, se producen datos en forma tridimensional mediante 3D-CAD o similar. Los datos en forma tridimensional se convierten a datos STL. La Figura 2 es un diagrama esquemático que muestra un ejemplo de datos STL. En los datos 10d STL, se hace una división en elementos (mallado) mediante el método de elementos finitos, por ejemplo.

A partir de los datos STL, se producen datos de corte. La Figura 3 es un diagrama esquemático que muestra un ejemplo de datos de corte. Los datos STL se dividen en n capas, concretamente desde una primera capa p1 conformada hasta una n-ésima capa pn conformada. El grosor de corte d es de aproximadamente 10 a 150 μm por ejemplo.

2. Etapa de fabricación aditiva (S20)

Posteriormente, en base a los datos de corte, se produce un artículo fabricado de manera aditiva. La Figura 4 es un primer diagrama esquemático que ilustra un proceso de producción de un artículo fabricado de manera aditiva. Un

aparato 100 de fabricación aditiva por láser mostrado en la Figura 4 incluye un pistón 101, una tabla 102 soportada sobre el pistón 101 y una unidad 103 de emisión de láser. Esta etapa y las etapas posteriores se llevan a cabo en una atmósfera de gas inerte por ejemplo para suprimir la oxidación del artículo fabricado de manera aditiva. El gas inerte puede ser por ejemplo argón (Ar), nitrógeno (N₂), helio (He) o similares. En lugar de gas inerte, se puede usar por ejemplo un gas reductor tal como hidrógeno (H₂). Además, se puede usar una bomba de vacío o similar para producir una atmósfera de presión reducida.

El pistón 101 está configurado para ser capaz de elevar y bajar la tabla 102. Sobre la tabla 102, se produce el artículo fabricado de manera aditiva.

2-1. Primera etapa (S21)

En la primera etapa (S21), se forma una capa de polvo que incluye el polvo metálico. En base a los datos de corte, el pistón 101 baja la tabla 102 una distancia correspondiente a una capa. Sobre la tabla 102, se extiende el polvo metálico que corresponde a una capa. De esta manera, se forma una primera capa 1 de polvo que incluye el polvo metálico. La superficie de la primera capa 1 de polvo se alisa por medio de un álabe de presión o similar (no mostrado). La capa de polvo puede incluir múltiples tipos de polvos metálicos. Por ejemplo, la capa de polvo puede incluir tanto el polvo de aleación de cobre que contiene cromo como el polvo de aleación de cobre que contiene silicio tal como se ha descrito con anterioridad. La capa de polvo puede incluir también un absorbedor de láser (polvo de resina por ejemplo) o similar, además del polvo metálico. La capa de polvo puede estar sustancialmente compuesta solamente del polvo metálico.

2-2. Segunda etapa (S22)

La Figura 5 es un segundo diagrama esquemático que ilustra el proceso de producción de un artículo fabricado de manera aditiva. En la segunda etapa (S22), se forma una capa conformada que es para formar una parte del artículo fabricado de manera aditiva.

La unidad 103 de emisión de láser aplica un haz de láser a una posición predeterminada de la primera capa de polvo 1, basándose en los datos de corte. Antes de aplicar el haz de láser, la capa de polvo se puede calentar de antemano. El polvo metálico irradiado con el haz de láser se funde y se sinteriza y, por consiguiente, se solidifica. De esta manera, el polvo metálico en una posición predeterminada de la primera capa 1 de polvo se solidifica para formar de ese modo la primera capa conformada p1.

Como unidad de emisión de láser de la presente realización, se puede usar un dispositivo láser de propósito general. Como fuente de haz de láser, se usa un láser de fibra, a láser YAG, un láser de CO₂, un láser semiconductor o similares. La potencia de salida del haz de láser puede ser por ejemplo de aproximadamente 100 a 1000 W, o de aproximadamente 200 a 500 W. La velocidad de barrido del haz de láser se puede ajustar dentro de un intervalo por ejemplo de 100 a 1000 mm/s. La densidad de energía del haz de láser se puede ajustar dentro de un intervalo por ejemplo de 100 a 1000 J/mm³.

La densidad de energía del haz de láser en el presente documento se refiere a un valor calculado según la siguiente expresión (I):

$$E = P / (v \times s \times d) \dots (I)$$

En la expresión (I), E representa la densidad de energía del haz de láser [unidad: J/mm³], P representa la potencia de salida de láser [unidad: W], v representa la velocidad de barrido [unidad: mm/s], s representa la anchura de barrido [unidad: mm] y d representa el grosor de corte [unidad: mm].

La Figura 6 es un tercer diagrama esquemático que ilustra el proceso de producción de un artículo fabricado de manera aditiva. Tal como se muestra en la Figura 6, después de formarse la primera capa conformada p1, el pistón 101 baja más la tabla 102 una distancia correspondiente a una capa. Después de esto, se forma una segunda capa de polvo 2 de manera similar a la descrita anteriormente, y se forma una segunda capa conformada p2 basándose en los datos de corte. Después de esto, se repiten la primera etapa (S21) y la segunda etapa (S22). La Figura 7 es un cuarto diagrama esquemático que ilustra el proceso de producción de un artículo fabricado de manera aditiva. Tal como se muestra en la Figura 7, finalmente se forma la n-ésima capa conformada pn y por tanto se completa un artículo 10 fabricado de manera aditiva.

3. Tercera etapa (S30)

Preferiblemente, el artículo fabricado de manera aditiva se trata térmicamente después. Concretamente, es preferible que el artículo fabricado de manera aditiva se trate térmicamente tras fabricarse de manera aditiva. Cabe esperar que el tratamiento térmico mejore las propiedades mecánicas y la conductividad eléctrica del artículo fabricado de manera aditiva. La atmósfera durante el tratamiento térmico puede ser por ejemplo una atmósfera de nitrógeno, aire, argón, hidrógeno, vacío o similar. La temperatura de tratamiento térmico puede ser por ejemplo de

no menos de 300 °C y no más de 400 °C. El tiempo para el tratamiento térmico puede ser por ejemplo de no menos de dos horas y no más de cuatro horas.

[Artículo fabricado de manera aditiva]

5 A continuación, se aportará una descripción de un artículo fabricado de manera aditiva obtenido según el método de producción descrito con anterioridad. El artículo fabricado de manera aditiva puede tener una forma que no puede obtenerse mediante corte. Además, el artículo fabricado de manera aditiva de la presente realización tiene tanto una resistencia mecánica adecuada como una conductividad eléctrica apropiada. El artículo fabricado de manera aditiva de la presente realización se puede aplicar a un soplete de plasma a modo de ejemplo.

En el caso en el que el polvo metálico para su uso en la presente realización se use como materia prima, el artículo fabricado de manera aditiva puede tener la siguiente composición.

15 Concretamente, el artículo fabricado de manera aditiva de la presente realización es un artículo fabricado de manera aditiva preparado a partir de una aleación de cobre específica. La aleación de cobre contiene: no menos del 0,10 % en masa y no más del 1,00 % en masa de al menos uno de cromo y silicio, siendo el contenido total de cromo y silicio de no más del 1,00 % en masa; y el resto de cobre. Al igual que el polvo metálico, el resto de la aleación de cobre puede incluir un elemento aditivo y/o una impureza accidental. El artículo fabricado de manera aditiva tiene una densidad relativa de no menos del 96 % y no más del 100 % con respecto a la densidad teórica de la aleación de cobre, y tiene una conductividad eléctrica de no menos del 26 % IACS.

20 En la aleación de cobre, el límite superior del contenido de al menos uno de Cr y Si puede ser del 0,90 % en masa, el 0,80 % en masa, el 0,70 % en masa o el 0,60 % en masa. El límite inferior del contenido de al menos uno de Cr y Si puede ser del 0,15 % en masa o el 0,20 % en masa.

La densidad del artículo fabricado de manera aditiva se puede medir por ejemplo según el método de Arquímedes. La medición de densidad según el método de Arquímedes se puede hacer para cumplir la norma "JIS Z 2501: Sintered metal materials - Determination of density, oil content and open porosity." Se puede usar agua como líquido.

30 En el caso de que la densidad relativa con respecto a la densidad teórica no sea menor del 96 %, cabe esperar una densidad mecánica adecuada para un uso práctico. Se desea una densidad relativa más alta. Puede suceder que la densidad relativa del artículo fabricado de manera aditiva sea de no menos del 96,5 %, no menos del 97,0 %, no menos del 97,5 %, no menos del 98,0 %, no menos del 98,5 % o no menos del 99,0 %.

35 La conductividad eléctrica se puede medir por medio de un conductímetro de corriente turbulenta comercialmente disponible. También se desea una conductividad eléctrica más alta. Puede suceder que la conductividad eléctrica del artículo fabricado sea de no menos del 30 % IACS, no menos del 40 % IACS, no menos del 50 % IACS o no menos del 60 % IACS. El límite superior de la conductividad eléctrica puede ser por ejemplo del 100 % IACS.

Artículo fabricado de manera aditiva hecho a partir de aleación de cobre que contiene cromo

45 En caso de usar el polvo de aleación de cobre que contiene cromo para su uso en la presente realización como materia prima, el artículo fabricado de manera aditiva puede tener la siguiente composición.

50 Concretamente, el artículo fabricado de manera aditiva es un artículo fabricado de manera aditiva preparado a partir de una aleación específica de cobre que contiene cromo. La aleación de cobre que contiene cromo contiene no menos del 0,10 % en masa y no más del 0,60 % en masa de Cr y el resto de Cu. Al igual que el polvo metálico, el resto de la aleación de cobre que contiene cromo puede incluir un elemento aditivo y/o una impureza accidental. El artículo fabricado de manera aditiva tiene una densidad relativa de no menos del 96 % y no más del 100 % con respecto a la densidad teórica de la aleación de cobre que contiene cromo, y tiene una conductividad eléctrica de no menos del 30 % IACS. En el caso en el que el contenido de Cr del artículo fabricado de manera aditiva sea de no menos del 0,10 % en masa y no más del 0,30 % en masa, cabe esperar que el artículo fabricado de manera aditiva tenga tanto una densidad relativa de no menos del 98 % como una conductividad eléctrica de no menos del 60 % IACS.

Artículo fabricado de manera aditiva hecho a partir de aleación de cobre que contiene silicio

60 En caso de usar el polvo de aleación de cobre que contiene silicio para su uso en la presente realización como materia prima, el artículo fabricado de manera aditiva puede tener la siguiente composición.

65 Concretamente, el artículo fabricado de manera aditiva es un artículo fabricado de manera aditiva preparado a partir de una aleación específica de cobre que contiene silicio. La aleación de cobre que contiene silicio contiene no menos del 0,10 % en masa y no más del 0,60 % en masa de Si y un resto de Cu. Al igual que el polvo metálico, el resto de la aleación de cobre que contiene silicio puede incluir un elemento aditivo y/o una impureza accidental. El artículo fabricado de manera aditiva tiene una densidad relativa de no menos del 96 % y no más del 100 % con

respecto a la densidad teórica de la aleación de cobre que contiene silicio, y tiene una conductividad eléctrica de no menos del 26 % IACS. En caso de que el contenido de Si del artículo fabricado de manera aditiva sea de no menos del 0,10 % en masa y no más del 0,30 % en masa, cabe esperar que el artículo fabricado de manera aditiva tenga tanto una densidad relativa de no menos del 98,5 % como una conductividad eléctrica de no menos del 45 % IACS.

5

Ejemplos

A continuación, se describirá la presente realización con ejemplos. La presente realización, sin embargo, no está limitada a los mismos.

10

1. Preparación de polvo metálico

Se prepararon polvos metálicos A1, A2, A3, B1, B2, X e Y que contenían cada uno los componentes químicos mostrados en la Tabla 1.

15

Tabla 1 Lista de polvos metálicos

	componentes químicos	d50 (µm)
A1	Cr (0,22 % en masa); O (0,09 % en masa); Cu (resto)	25,0
A2	Cr (0,51 % en masa); O (0,04 % en masa); Cu (resto)	25,0
A3	Cr (0,94 % en masa); O (0,05 % en masa); Cu (resto)	20,7
B1	Si (0,21 % en masa); O (0,01 % en masa); P (0,01 % en masa); Cu(resto)	26,0
B2	Si (0,55 % en masa); O (0,03 % en masa); P (menos del 0,01 % en masa); Cu (resto)	27,7
X	Cu (99,99 % en masa o más)	21,3
Y	Ni (2,52 % en masa); Si (0,71 % en masa); Cr (0,31 % en masa); Cu (resto)	20,0

Estos polvos metálicos se produjeron según un método de atomización predeterminado.

20

Se produjo polvo metálico X a partir de un lingote de cobre puro comercialmente disponible. Se produjo polvo metálico Y a partir de un lingote de una aleación de cobre comercialmente disponible (nombre del producto "AMPCO940"). El polvo metálico X y el polvo metálico Y corresponden a ejemplos comparativos.

25

2. Aparato de fabricación aditiva por láser.

Se preparó un aparato de fabricación aditiva por láser con las siguientes especificaciones.

Láser: láser de fibra, potencia de salida máxima 400 W

30

Diámetro de punto: de 0,05 a 0,20 mm

Velocidad de barrido: no más de 7000 mm/s

35

Inclinación de apilamiento de capas: de 0,02 a 0,08 mm

Tamaño de porte máximo: 250 mm × 250 mm × 280 mm

3. Producción de un artículo fabricado de manera aditiva

40

Se usó el aparato descrito anteriormente para producir un artículo fabricado de manera aditiva que tiene una forma de columna (14 mm de diámetro × 15 mm de altura).

3-1. Polvo de cobre puro comercialmente disponible

45

Siguiendo el flujo mostrado en la figura 1, la primera etapa (S21) de formación de una capa de polvo que incluye el polvo metálico, y la segunda etapa (S22) de formación de una capa conformada mediante aplicación de un haz de láser en una posición predeterminada en la capa de polvo para solidificar de ese modo el polvo metálico se repitieron sucesivamente para producir los artículos fabricados de manera aditiva N.º X-1 a N.º X-40. En las Tablas 2 y 3 se muestran las condiciones de producción de cada artículo fabricado de manera aditiva.

50

Según los métodos descritos anteriormente, se midieron la densidad relativa y la conductividad eléctrica de cada artículo fabricado de manera aditiva. Los resultados se muestran en la Tabla 2 y 3.

55

ES 2 685 700 T3

Tabla 2 Cobre puro comercialmente disponible

N.º	método de producción			artículo fabricado de manera aditiva			
	1ª etapa	2ª etapa		densidad relativa	resistencia a la tracción	conductividad eléctrica	después de tratamiento térmico
	capa de polvo	condiciones de irradiación de láser					conductividad eléctrica
		velocidad de barrido	densidad de energía	% IACS	% IACS		
polvo metálico	mm/s	J/mm ³	%	MPa	% IACS	% IACS	
X-1	X	200	587,3	no puede medirse	-	49,58	-
X-2	X	200	587,3	no puede medirse	-	64,72	-
X-3	X	200	587,3	no puede medirse	-	50,44	-
X-4	X	200	587,3	no puede medirse	-	65,85	-
X-5	X	200	587,3	96,723	-	85,24	-
X-6	X	200	587,3	92,260	-	67,21	-
X-7	X	200	587,3	no puede medirse	-	48,89	-
X-8	X	200	587,3	no puede medirse	-	64,95	-
X-9	X	300	391,5	no puede medirse	-	63,13	-
X-10	X	300	391,5	no puede medirse	-	63,59	-
X-11	X	300	391,5	no puede medirse	-	67,89	-
X-12	X	300	391,5	no puede medirse	-	65,63	-
X-13	X	300	391,5	no puede medirse	-	58,15	-
X-14	X	300	391,5	no puede medirse	-	68,12	-
X-15	X	300	391,5	no puede medirse	-	64,04	-
X-16	X	300	391,5	no puede medirse	-	61,32	-
X-17	X	400	293,7	no puede medirse	-	70,51	-
X-18	X	400	293,7	no puede medirse	-	63,13	-

ES 2 685 700 T3

N.º	método de producción			artículo fabricado de manera aditiva			
	1ª etapa	2ª etapa		densidad relativa	resistencia a la tracción	conductividad eléctrica	después de tratamiento térmico
	capa de polvo	condiciones de irradiación de láser					conductividad eléctrica
		velocidad de barrido	densidad de energía	% IACS	% IACS		
polvo metálico	mm/s	J/mm ³	%	MPa	% IACS	% IACS	
X-19	X	400	293,7	no puede medirse	-	75,21	-
X-20	X	400	293,7	no puede medirse	-	66,15	-
X-21	X	400	293,7	no puede medirse	-	62,68	-
X-22	X	400	293,7	92,215	-	67,67	-
X-23	X	400	293,7	no puede medirse	-	71,14	-
X-24	X	400	293,7	no puede medirse	-	63,13	-

Tabla 3 Cobre puro comercialmente disponible

N.º	método de producción			artículo fabricado de manera aditiva			
	1ª etapa	2ª etapa		densidad relativa	resistencia a la tracción	conductividad eléctrica	después de tratamiento térmico
	capa de polvo	condiciones de irradiación de láser					conductividad eléctrica
		velocidad de barrido	densidad de energía	% IACS	% IACS		
polvo metálico	mm/s	J/mm ³	%	MPa	% IACS	% IACS	
X-25	X	500	234,9	no puede medirse	-	73,64	-
X-26	X	500	234,9	no puede medirse	-	62,00	-
X-27	X	500	234,9	93,054	-	82,10	-
X- 28	X	500	234,9	no puede medirse	-	64,27	-
X- 29	X	500	234,9	no puede medirse	-	64,04	-
X- 30	X	500	234,9	no puede medirse	-	65,40	-
X- 31	X	500	234,9	no puede medirse	-	75,21	-
X- 32	X	500	234,9	no puede medirse	-	62,23	-
X- 33	X	600	195,8	no puede medirse	-	89,46	-
X- 34	X	600	195,8	no puede medirse	-	73,96	-
X- 35	X	600	195,8	98,311	-	92,58	-
X- 36	X	600	195,8	no puede medirse	-	75,21	-
X- 37	X	600	195,8	no puede medirse	-	61,77	-
X- 38	X	600	195,8	no puede medirse	-	75,21	-
X- 39	X	600	195,8	98,311	-	90,24	-
X- 40	X	600	195,8	no puede medirse	-	73,33	-

Tal como se observa a partir de las Tablas 2 y 3, los artículos fabricados de manera aditiva producidos a partir de polvo de cobre puro (polvo metálico X) varían significativamente entre sí en cuanto a propiedades físicas finales incluso en las mismas condiciones. “No puede medirse” en la Tabla 2 significa que no se pudo medir una densidad altamente fiable mediante el método de Arquímedes debido a un número excesivamente grande de huecos. La conductividad eléctrica de un lingote de cobre puro se puede considerar como de aproximadamente el 100 % IACS. Los artículos fabricados de manera aditiva producidos a partir de cobre puro tienen una conductividad eléctrica significativamente más baja que el lingote del cobre puro. Basándose en estos resultados, se considera difícil producir una parte mecánica que pueda aplicarse de manera práctica a partir del polvo de cobre puro.

5

10 3-2. Polvo de aleación de cobre comercialmente disponible

En las condiciones mostradas en la Tabla 4, se produjeron los artículos fabricados de manera aditiva de N.º Y-1 a N.º Y-7 de manera similar a la descrita con anterioridad. En la Tabla 4 se muestran condiciones para producir cada artículo fabricado de manera aditiva.

15

Según los métodos descritos anteriormente, se midieron la densidad relativa y la conductividad eléctrica de cada artículo fabricado de manera aditiva. Los resultados se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4 Aleación de cobre comercialmente disponible

N.º	método de producción			artículo fabricado de manera aditiva			
	1ª etapa	2ª etapa		densidad relativa	resistencia a la tracción	conductividad eléctrica	después de tratamiento térmico
	capa de polvo	condiciones de irradiación de láser					conductividad eléctrica
		polvo metálico	velocidad de barrido	densidad de energía	%	MPa	
Y-1	Y	400	156,3	99,03 %	-	-	-
Y-2	Y	400	156,3	98,98 %	-	15,97	18,23
Y-3	Y	400	156,3	99,07 %	-	15,97	18,23
Y-4	Y	400	156,3	99,30 %	-	-	-
Y-5	Y	800	192,7	99,23 %	-	15,93	18,37
Y-6	Y	800	192,7	99,49 %	-	15,97	18,50
Y-7	Y	800	192,7	99,33 %	-	-	-

20

Los artículos fabricados de manera aditiva producidos a partir del polvo de aleación de cobre comercialmente disponible (polvo metálico Y) tuvieron una densidad más alta que la del cobre puro. Los artículos fabricados de manera aditiva, sin embargo, tuvieron una conductividad eléctrica significativamente más baja que la del material original (aproximadamente del 45,5 % IACS).

25

3-3. Polvo de aleación de cobre que contiene cromo

3-3-1. Cr = 0,22 % en masa

30

En las condiciones mostradas en la Tabla 5, los artículos fabricados de manera aditiva del N.º A1-1 a N.º A1-11 se produjeron de manera similar a la descrita con anterioridad. Además, después de producir el artículo fabricado de manera aditiva, se trató térmicamente (S30) el artículo. Las condiciones para el tratamiento térmico incluyeron una atmósfera de nitrógeno y 300 °C × 3 horas (las mismas condiciones se aplicaron al siguiente tratamiento térmico). Se evaluaron las propiedades físicas de cada artículo fabricado de manera aditiva. Los resultados de evaluación se muestran en la Tabla 5. La resistencia a la tracción se midió por medio de una muestra de ensayo, concretamente una muestra de ensayo 20 con forma de pesa mostrada en la Tabla 8 que se produjo de manera independiente, en las condiciones mostradas para del N.º A1-12 a N.º A1-14 (lo mismo se aplicó también a la siguiente resistencia a la tracción).

35

40

Tabla 5 Aleación de Cu que contiene Cr (Cr = 0,22 % en masa)

N.º	método de producción			artículo fabricado de manera aditiva			
	1ª etapa	2ª etapa		densidad relativa	resistencia a la tracción	conductividad eléctrica	después de tratamiento térmico
	capa de polvo	condiciones de irradiación de láser					conductividad eléctrica
		polvo metálico	velocidad de barrido	densidad de energía	%	MPa	

ES 2 685 700 T3

	polvo metálico	mm/s	J/mm ³	%	MPa	% IACS	% IACS
A1-1	A1	200	587,3	96,395	-	55,88	62,57
A1-2	A1	300	391,5	97,167	-	57,62	63,93
A1-3	A1	400	293,7	97,173	-	56,63	62,68
A1-4	A1	500	234,9	97,352	-	56,31	62,00
A1-5	A1	600	195,8	97,967	-	56,42	62,00
A1-6	A1	700	167,8	97,027	-	56,31	61,78
A1-7	A1	600	274,1	98,241	-	59,40	63,47
A1-8	A1	600	228,4	98,353	215,02	60,42	64,27
A1-9	A1	600	195,8	97,967	-	56,42	62,00
A1-10	A1	600	171,3	96,457	-	55,13	59,34
A1-11	A1	600	152,3	96,708	-	56,95	61,09
A1-12	A1	500	234,9	-	198,56	-	-
A1-13	A1	600	195,8	-	219,78	-	-
A1-14	A1	700	167,8	-	186,74	-	-

Tal como se observa a partir de la Tabla 5, se pudo suprimir la variación de las propiedades físicas finales de entre los artículos fabricados de manera aditiva producidos a partir del polvo de aleación de cobre que contiene el 0,22 % en masa de cromo (polvo metálico A1), en comparación con los artículos fabricados de manera aditiva producidos a partir del cobre puro tal como se ha descrito con anterioridad. Estos artículos fabricados de manera aditiva producidos a partir del polvo de aleación de cobre (polvo metálico A1) tuvieron tanto una resistencia mecánica prácticamente adecuada como una conductividad eléctrica prácticamente adecuada. Con esta composición, se pudo obtener una conductividad eléctrica alta del 60 % IACS o más después del tratamiento térmico.

3-3-2. Cr = 0,51 % en masa

En las condiciones mostradas en la Tabla 6, se produjeron los artículos fabricados de manera aditiva del N.º A2-1 a N.º A2-12. Se evaluaron las propiedades físicas de cada artículo fabricado de manera aditiva. Los resultados de evaluación se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6 Aleación de Cu que contiene Cr (Cr = 0,51 % en masa)

N.º	método de producción			artículo fabricado de manera aditiva			
	1ª etapa	2ª etapa		densidad relativa	resistencia a la tracción	conductividad eléctrica	después de tratamiento térmico
	capa de polvo	condiciones de irradiación de láser					conductividad eléctrica
		polvo metálico	velocidad de barrido	densidad de energía	%	MPa	
A2-1	A2	200	587,3	98,952	-	33,26	36,86
A2-2	A2	300	391,5	99,243	-	32,95	36,99
A2-3	A2	400	293,7	99,199	-	33,01	37,17
A2-4	A2	500	234,9	99,484	-	33,38	37,41
A2-5	A2	600	195,8	99,484	-	33,75	37,66
A2-6	A2	500	274,1	99,361	-	33,28	37,50
A2-7	A2	600	228,4	99,596	-	33,01	37,56
A2-8	A2	500	234,9	99,277	-	33,44	37,99
A2-9	A2	600	195,8	99,255	-	33,10	38,12
A2-10	A2	500	234,9	-	250,7	-	-
A2-11	A2	600	195,8	-	250,2	-	-
A2-12	A2	600	195,8	-	243,8	-	-

Tal como se observa a partir de la Tabla 6, se pudo suprimir la variación de las propiedades físicas finales de entre los artículos fabricados de manera aditiva producidos a partir del polvo de aleación de cobre que contiene el 0,51 % en masa de cromo (polvo metálico A2), en comparación con los artículos fabricados de manera aditiva producidos a partir del cobre puro tal como se ha descrito con anterioridad. Estos artículos fabricados de manera aditiva producidos a partir del polvo de aleación de cobre (polvo metálico A2) tuvieron tanto la densidad dada por una conductividad relativa de más del 99 % como una conductividad eléctrica de más del 35 % IACS. Los artículos fabricados de manera aditiva tuvieron también una resistencia a la tracción adecuada.

3-3-3. Cr = 0,94 % en masa

En las condiciones mostradas en la Tabla 7, se produjeron los artículos fabricados de manera aditiva del N.º A3-1 a N.º A3-7. Se evaluaron las propiedades físicas de cada artículo fabricado de manera aditiva. Los resultados de evaluación se muestran en la Tabla 7.

5

Tabla 7 Aleación de Cu que contiene Cr (Cr = 0,94 % en masa)

N.º	método de producción			artículo fabricado de manera aditiva			
	1ª etapa	2ª etapa		densidad relativa	resistencia a la tracción	conductividad eléctrica	después de tratamiento térmico
	capa de polvo	condiciones de irradiación de láser					conductividad eléctrica
		velocidad de barrido	densidad de energía	conductividad eléctrica			
polvo metálico	mm/s	J/mm ³	%	MPa	% IACS	% IACS	
A3-1	A3	200	587,3	99,250	-	23,92	26,35
A3-2	A3	300	391,5	99,064	-	23,64	26,25
A3-3	A3	400	293,7	99,176	-	23,64	26,41
A3-4	A3	500	234,9	99,101	-	23,59	26,44
A3-5	A3	600	195,8	99,228	-	23,92	26,63
A3-6	A3	200	587,3	-	281,41	-	-
A3-7	A3	600	195,8	-	266,60	-	-

Tal como se observa a partir de la Tabla 7, se pudo suprimir la variación de las propiedades físicas finales de entre los artículos fabricados de manera aditiva producidos a partir del polvo de aleación de cobre que contiene el 0,94 % en masa de cromo (polvo metálico A3), en comparación con los artículos fabricados de manera aditiva producidos a partir del cobre puro tal como se ha descrito con anterioridad. Estos artículos fabricados de manera aditiva producidos a partir del polvo de aleación de cobre (polvo metálico A3) tuvieron tanto una resistencia mecánica prácticamente adecuada como una conductividad eléctrica prácticamente adecuada. Con esta composición, se pudo obtener una densidad dada por una densidad relativa de más del 99 %. Los artículos fabricados de manera aditiva tuvieron también una resistencia a la tracción adecuada.

10

15

3-4. Polvo de aleación de cobre que contiene silicio

3-4-1. Si = 0,21 % en masa

20

En las condiciones mostradas en la Tabla 8, se produjeron los artículos fabricados de manera aditiva del N.º B1-1 a N.º B1-11. Se evaluaron las propiedades físicas de cada artículo fabricado de manera aditiva. Los resultados de evaluación se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8 Aleación de Cu que contiene Si (Si = 0,21 % en masa)

N.º	método de producción			artículo fabricado de manera aditiva			
	1ª etapa	2ª etapa		densidad relativa	resistencia a la tracción	conductividad eléctrica	después de tratamiento térmico
	capa de polvo	condiciones de irradiación de láser					conductividad eléctrica
		velocidad de barrido	densidad de energía	conductividad eléctrica			
polvo metálico	mm/s	J/mm ³	%	MPa	% IACS	% IACS	
B1-1	B1	200	587,3	97,484	-	46,92	47,00
B1-2	B1	300	391,5	98,587	-	47,40	47,32
B1-3	B1	400	293,7	97,523	-	47,08	47,08
B1-4	B1	500	234,9	97,484	-	47,08	46,60
B1-5	B1	600	195,8	97,019	-	46,81	46,52
B1-6	B1	700	167,8	96,789	-	46,36	45,81
B1-7	B1	200	685,2	98,694	-	48,37	48,30
B1-8	B1	300	548,1	98,750	-	47,89	48,55
B1-9	B1	300	391,5	98,587	-	47,40	47,32
B1-10	B1	300	391,5	-	218,35	-	-
B1-11	B1	400	293,7	-	228,27	-	-

5 Tal como se observa a partir de la Tabla 8, se pudo suprimir la variación de las propiedades físicas finales de entre los artículos fabricados de manera aditiva producidos a partir del polvo de aleación de cobre que contiene el 0,21 % en masa de silicio (polvo metálico B1), en comparación con los artículos fabricados de manera aditiva producidos a partir del cobre puro tal como se ha descrito con anterioridad. Estos artículos fabricados de manera aditiva producidos a partir del polvo de aleación de cobre (polvo metálico B1) tuvieron tanto una resistencia mecánica prácticamente adecuada como una conductividad eléctrica prácticamente adecuada. Con esta composición, se pudo obtener una conductividad eléctrica alta del 45 % IACS o más.

3-4-2. Si = 0,55 % en masa

15 En las condiciones mostradas en la Tabla 9, se produjeron los artículos fabricados de manera aditiva del N.º B2-1 a N.º B2-8. Se evaluaron las propiedades físicas de cada artículo fabricado de manera aditiva. Los resultados de evaluación se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9 Aleación de Cu que contiene Si (Si = 0,55 % en masa)

N.º	método de producción			artículo fabricado de manera aditiva			
	1ª etapa	2ª etapa		densidad relativa	resistencia a la tracción	conductividad eléctrica	después de tratamiento térmico
	capa de polvo	condiciones de irradiación de láser					conductividad eléctrica
		velocidad de barrido	densidad de energía	conductividad eléctrica			
polvo metálico	mm/s	J/mm ³	%	MPa	% IACS	% IACS	
B2-1	B2	100	1174,6	97,020	-	25,65	-
B2-2	B2	200	587,3	97,660	-	27,32	-
B2-3	B2	300	391,5	97,735	-	27,23	26,91
B2-4	B2	400	293,7	97,773	-	27,92	27,61
B2-5	B2	400	293,7	99,144	236,98	28,56	27,91
B2-6	B2	500	234,9	99,098	235,03	28,62	28,01
B2-7	B2	600	195,8	99,158	-	28,52	27,82
B2-8	B2	700	167,8	98,717	-	28,15	27,70

20 Tal como se observa a partir de la Tabla 9, se pudo suprimir la variación de las propiedades físicas finales de entre los artículos fabricados de manera aditiva producidos a partir del polvo de aleación de cobre que contiene el 0,55 % en masa de silicio (polvo metálico B2), en comparación con los artículos fabricados de manera aditiva producidos a partir del cobre puro tal como se describió anteriormente. Estos artículos fabricados de manera aditiva producidos a partir del polvo de aleación de cobre (polvo metálico B2) tuvieron tanto una resistencia mecánica prácticamente adecuada como una conductividad eléctrica prácticamente adecuada. Con esta composición, se pudieron obtener

25

densidades dadas por una densidad relativa de más del 99 %.

5 Aunque la presente invención se ha descrito e ilustrado en detalle, se entiende claramente que lo mismo es únicamente a modo de ilustración y de ejemplo y no ha de tomarse a modo de limitación, interpretándose el alcance de la presente invención con arreglo a las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un método de producción de un artículo fabricado de manera aditiva, comprendiendo el método:
- 5 una primera etapa (S21) de formación de una capa de polvo que incluye un polvo metálico que comprende no menos del 0,10 % en masa y no más del 1,00 % en masa de al menos uno de cromo y silicio, siendo el contenido total del cromo y el silicio de no más del 1,00 % en masa, y el resto de cobre; y
- 10 una segunda etapa (S22) de formación de una capa conformada solidificando el polvo metálico en una posición predeterminada en la capa de polvo,
- repitiéndose la primera etapa y la segunda etapa sucesivamente para apilar las capas conformadas y producir un artículo fabricado de manera aditiva.
- 15 2. El método de producción de un artículo fabricado de manera aditiva según la reivindicación 1, que comprende además una etapa de tratamiento térmico (S30) de tratar térmicamente el artículo fabricado de manera aditiva.
3. Un artículo fabricado de manera aditiva preparado a partir de una aleación de cobre, comprendiendo la aleación de cobre:
- 20 no menos del 0,10 % en masa y no más del 1,00 % en masa de al menos uno de cromo y silicio, siendo el contenido total del cromo y el silicio de no más del 1,00 % en masa; y
- 25 el resto de cobre,
- teniendo el artículo fabricado de manera aditiva una densidad relativa de no menos del 96 % y no más del 100 % con respecto a una densidad teórica de la aleación de cobre, y
- 30 teniendo el artículo fabricado de manera aditiva una conductividad eléctrica de no menos del 26 % IACS.
4. El artículo fabricado de manera aditiva según la reivindicación 3, en el que
- la aleación de cobre es una aleación de cobre que contiene cromo que comprende:
- 35 no menos del 0,10 % en masa y no más del 0,60 % en masa de cromo; y
- 40 el resto de cobre,
- el artículo fabricado de manera aditiva tiene una densidad relativa de no menos del 96 % y no más del 100 % con respecto a una densidad teórica de la aleación de cobre que contiene cromo, y
- 45 el artículo fabricado de manera aditiva tiene una conductividad eléctrica de no menos del 30 % IACS.
5. El artículo fabricado de manera aditiva según la reivindicación 3, en el que
- la aleación de cobre es una aleación de cobre que contiene silicio que comprende:
- 50 no menos del 0,10 % en masa y no más del 0,60 % en masa de silicio; y
- el resto de cobre,
- 55 el artículo fabricado de manera aditiva tiene una densidad relativa de no menos del 96 % y no más del 100 % con respecto a una densidad teórica de la aleación de cobre que contiene silicio, y
- el artículo fabricado de manera aditiva tiene una conductividad eléctrica de no menos del 26 % IACS.
6. El artículo fabricado de manera aditiva según la reivindicación 3 que se puede obtener mediante un método de producción tal como se menciona en reivindicación 1 ó 2.
7. Un uso de un polvo metálico en un método de fusión de lecho de polvo o un método directo de deposición de energía para la fabricación aditiva, en el que el polvo metálico comprende:
- 60 no menos del 0,10 % en masa y no más del 1,00 % en masa de al menos uno de cromo y silicio, siendo el contenido total de cromo y silicio de no más del 1,00 % en masa; y
- 65 el resto de cobre.

8. El uso de un polvo metálico en un método de fusión de lecho de polvo o un método directo de deposición de energía para la fabricación aditiva según la reivindicación 7, en el que el polvo metálico comprende:

5 no menos del 0,10 % en masa y no más del 0,60 % en masa de cromo; y
el resto de cobre.

10 9. El uso de un polvo metálico en un método de fusión de lecho de polvo o un método directo de deposición de energía para la fabricación aditiva según la reivindicación 7, en el que el polvo metálico comprende:

no menos del 0,10 % en masa y no más del 0,60 % en masa de silicio; y
15 el resto de cobre.

FIG.1

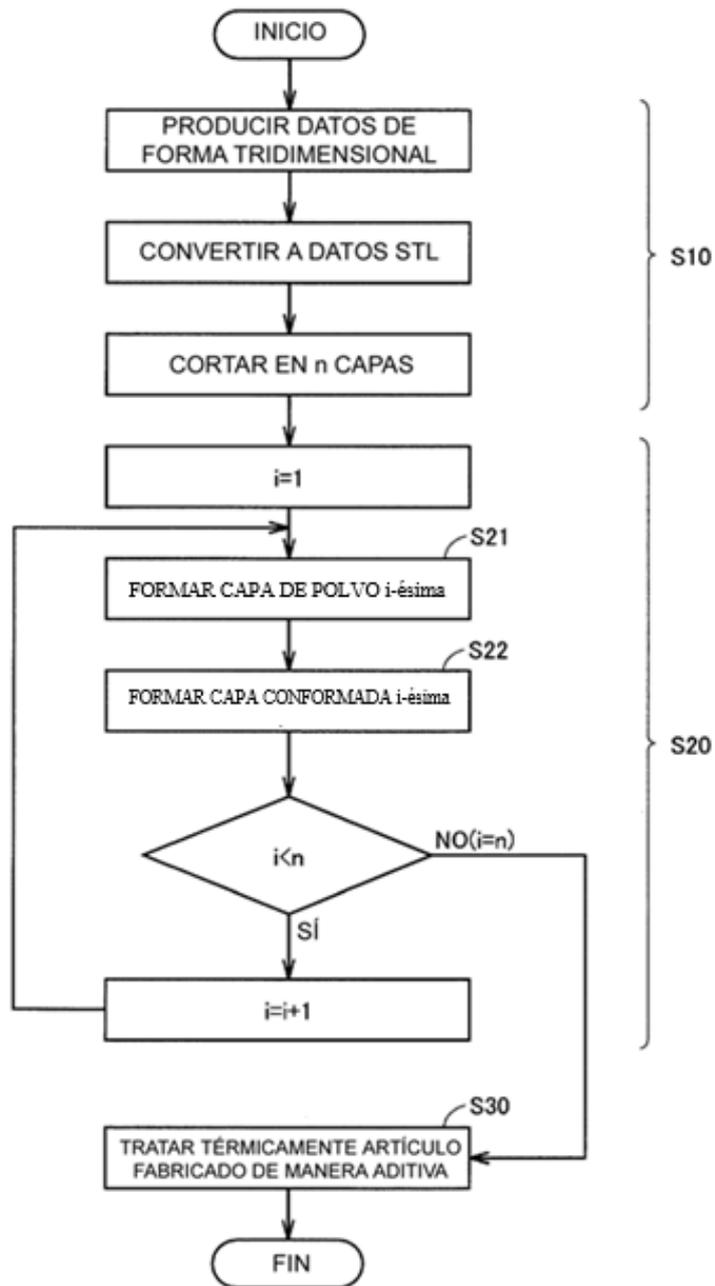


FIG.2

10d
↙

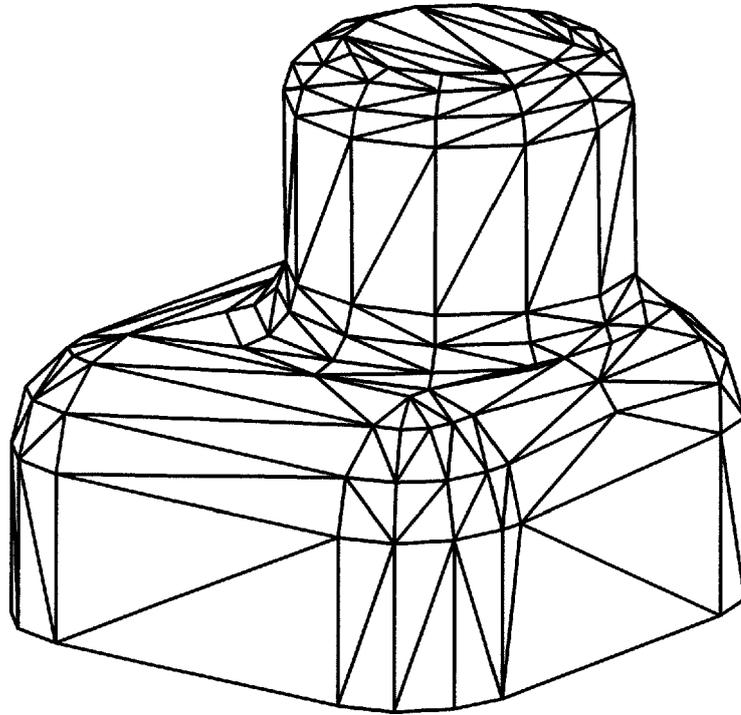


FIG.3

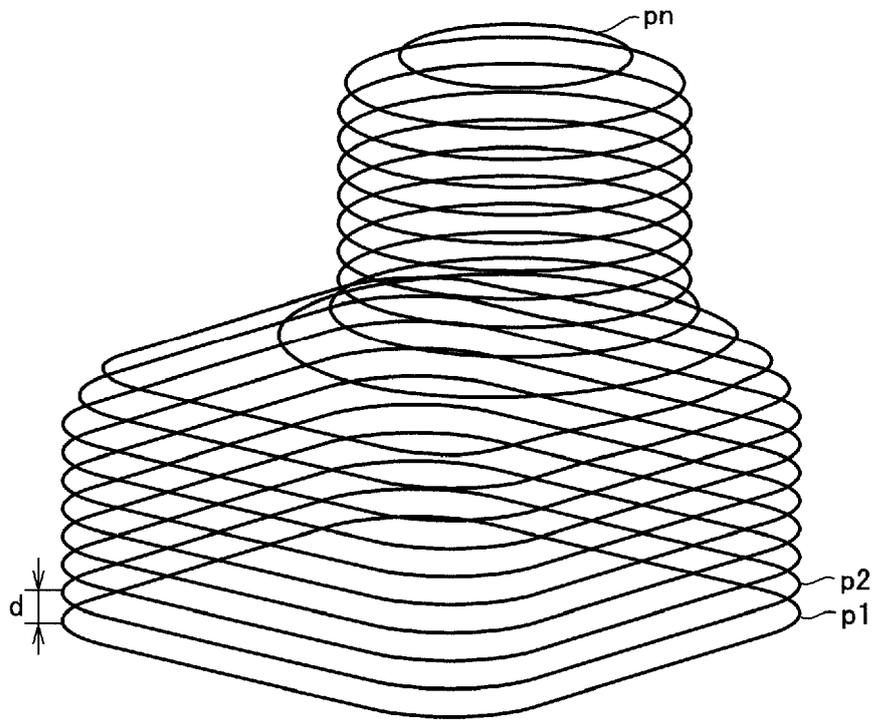


FIG.4

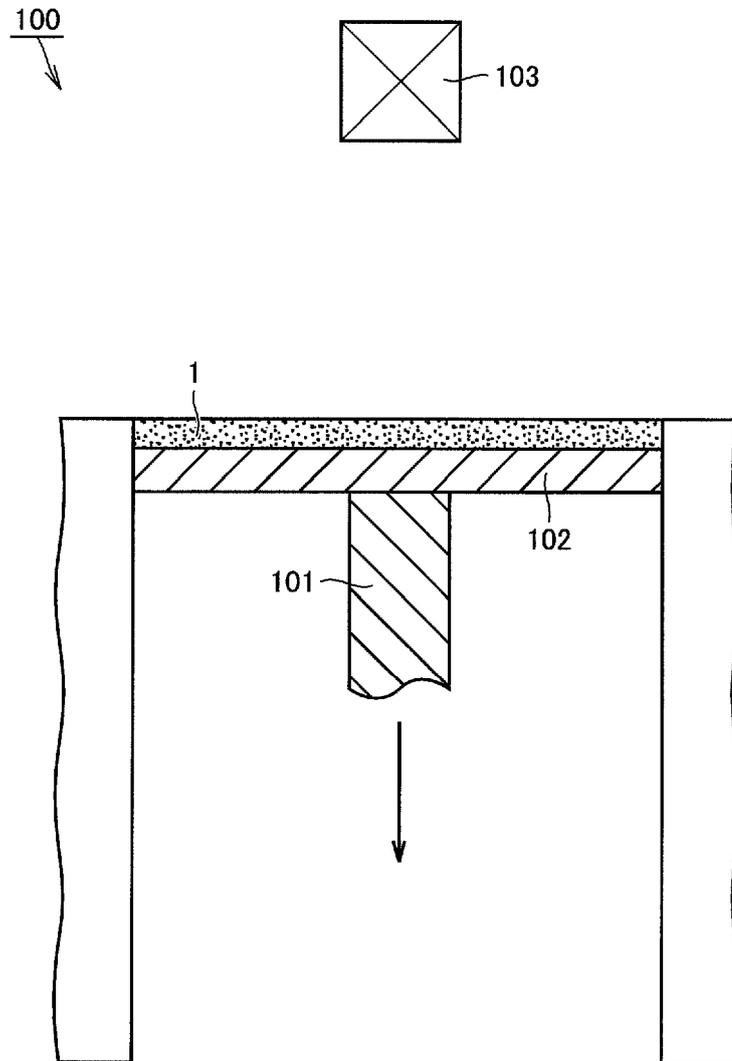


FIG.5

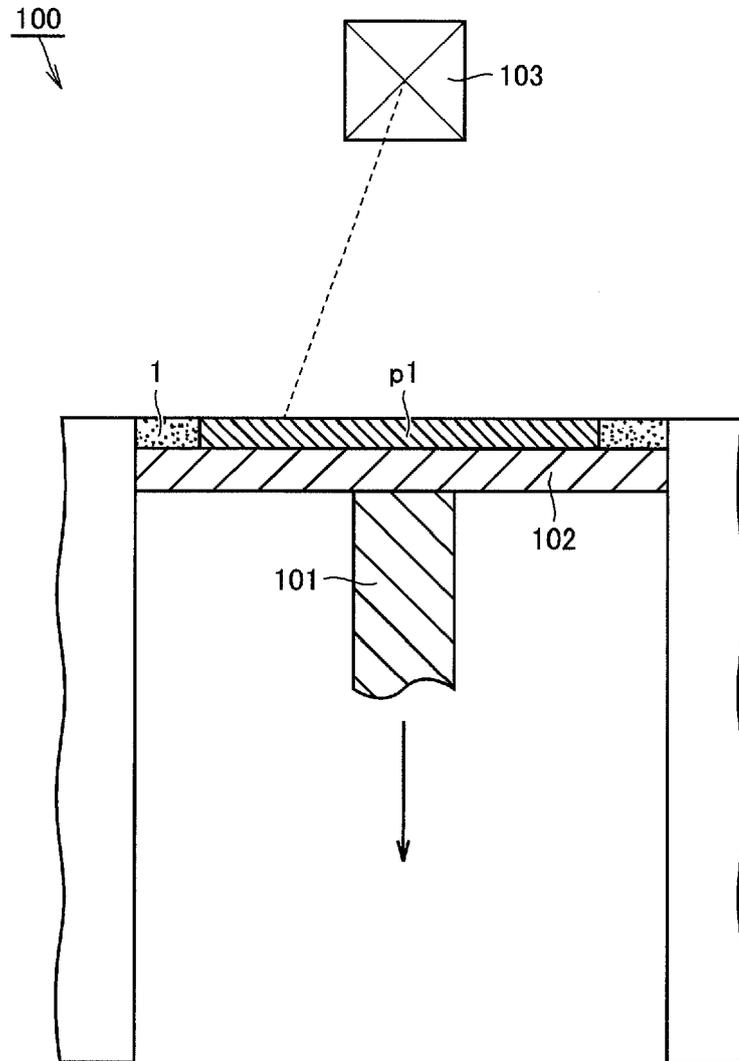


FIG.6

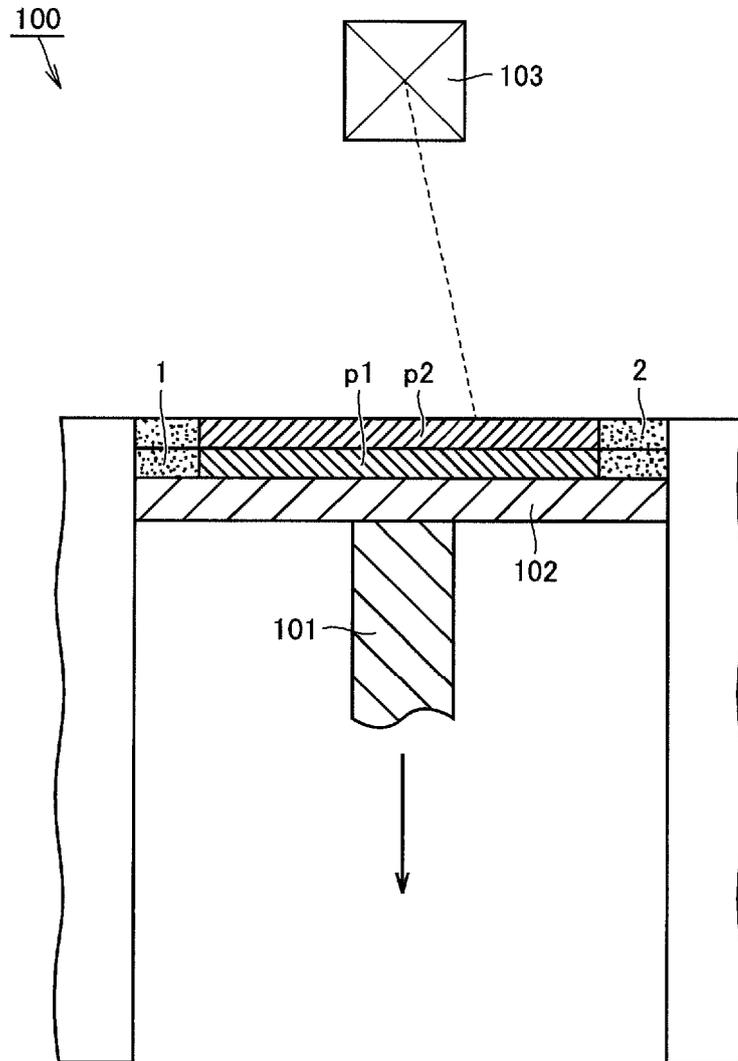


FIG.7

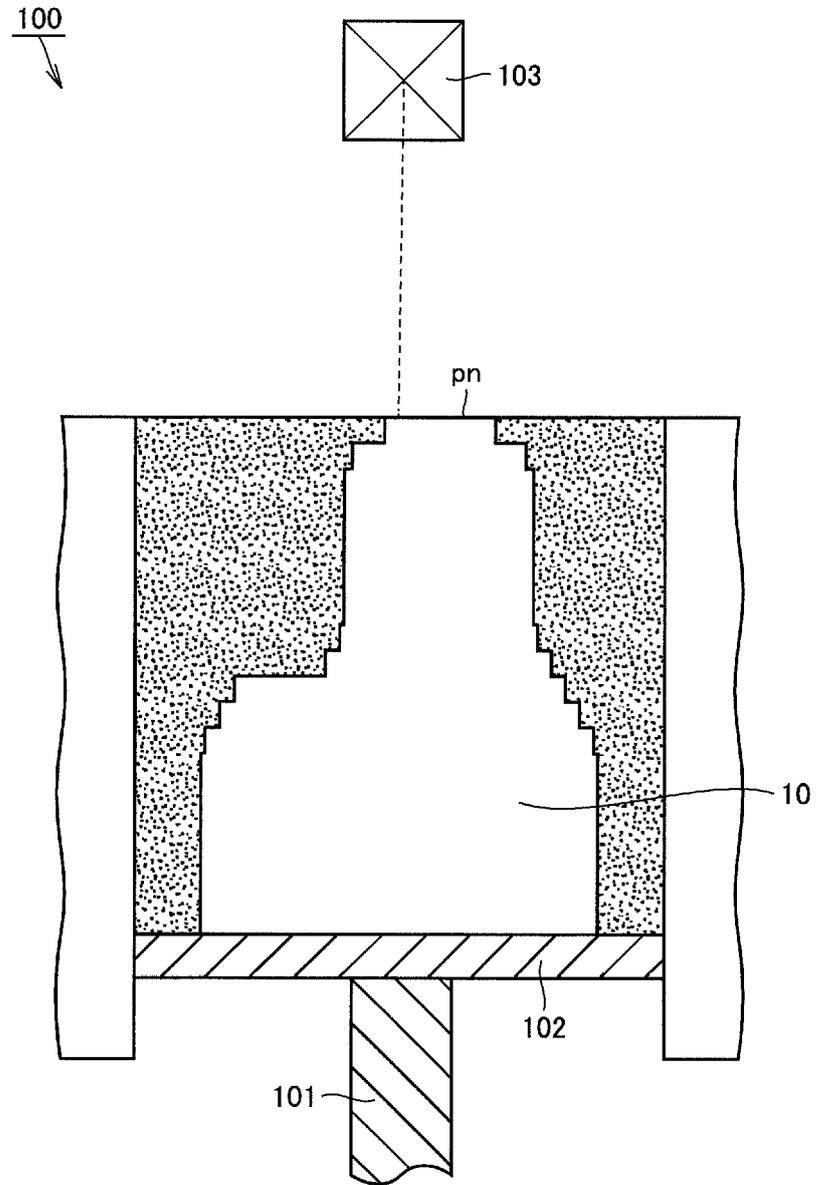


FIG.8

