

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 813 049**

51 Int. Cl.:

B22F 3/10 (2006.01)
B22F 3/02 (2006.01)
C22C 1/00 (2006.01)
C22C 1/04 (2006.01)
C22C 14/00 (2006.01)
C22C 21/00 (2006.01)
B22F 3/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.02.2017 PCT/JP2017/007651**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **12.10.2017 WO17175515**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.02.2017 E 17778894 (0)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.07.2020 EP 3424621**

54 Título: **Método para producir un cuerpo sinterizado de un compuesto intermetálico de tial**

30 Prioridad:

05.04.2016 JP 2016075931

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.03.2021

73 Titular/es:

mitsubishi heavy industries aero engines, ltd. (50.0%)
1200, Higashi-tanaka,
Komaki-shi, Aichi 485-0826, JP y
osaka yakin kogyo co., ltd. (50.0%)

72 Inventor/es:

suzuki, kenji;
shindo, kentaro;
terauchi, shuntaro;
kitagaki, hisashi;
hanami, kazuki y
hanada, tadayuki

74 Agente/Representante:

vallejo lópez, Juan Pedro

ES 2 813 049 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 para producir un cuerpo sinterizado de un compuesto intermetálico de tial

5 **Campo**

La presente invención se refiere a un método para producir un compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl.

10 **Antecedentes**

10 Un compuesto intermetálico a base de TiAl es un compuesto intermetálico (aleación) en el cual se unen Ti (titanio) y Al (aluminio), y se aplica a estructuras para un uso a alta temperatura, tales como motores e instrumentos
 15 aeroespaciales, gracias a su peso ligero y alta resistencia a altas temperaturas. El compuesto intermetálico a base de TiAl es difícil de formar mediante forjado o fundición debido a su baja ductilidad y a otras razones, y a menudo es formado mediante sinterización. La Bibliografía de Patentes 1 divulga que se produce un compacto sinterizado de un compuesto intermetálico a base de TiAl mediante la mezcla de polvo de Ti y polvo de Al y sinterizando a presión la mezcla.

20 **Lista de citas**

Bibliografía de patentes

Bibliografía de patentes 1: Solicitud de patente japonesa abierta a inspección pública nº 62-70531

25 **Sumario**

Problema técnico

30 Desafortunadamente, por ejemplo, cuando se produce un compacto sinterizado de un compuesto intermetálico a base de TiAl mediante una sinterización a presión, no se consigue una precisión de forma alta, por ejemplo, una forma terminada similar a la del producto final (forma neta similar) debido a las limitaciones de los aparatos y los moldes para una sinterización a presión. Cuando la forma del molde o similar está diseñada para aumentar la precisión de la forma, la densidad sinterizada se reduce.

35 Por lo tanto, un objetivo de la presente invención es proporcionar un método para producir un compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl que pueda suprimir la reducción de la densidad sinterizada mejorando a la vez la precisión de la forma.

Solución del problema

40 Para resolver el problema descrito anteriormente y conseguir el objetivo, un método para producir un compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl según la presente divulgación incluye una etapa de mezcla de mezcla de polvo de Ti, polvo de Al y un aglutinante para producir una mezcla; una etapa de moldeo por inyección de moldeo de la mezcla en un producto moldeado que tiene una forma predeterminada con un moldeador por inyección de metales;
 45 una etapa de sinterización preliminar de colocar el producto moldeado en un troquel de sinterización preliminar que tiene un espacio de almacenamiento en el interior y realizar una sinterización a una temperatura de sinterización preliminar predeterminada para producir un compacto sinterizado preliminarmente; y una etapa de sinterización de extraer el compacto sinterizado preliminarmente del troquel de sinterización preliminar y realizar una sinterización a una temperatura de sinterización mayor que la temperatura de sinterización preliminar, para formar el compacto
 50 sinterizado intermetálico a base de TiAl.

En este método para producir un compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl, la sinterización preliminar se realiza antes de la sinterización en el proceso de moldeo por inyección de polvo de metal. En la sinterización preliminar, el producto moldeado se coloca en el troquel de sinterización preliminar. Por lo tanto, según este proceso de
 55 producción, la expansión del volumen del polvo de Ti en el proceso de disolución del sólido de Al puede ser suprimida por el troquel de sinterización preliminar, suprimiendo así la reducción de la densidad sinterizada mejorando a la vez la precisión de la forma del compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl.

Es preferible que en el método para producir un compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl, la etapa de
 60 sinterización preliminar incluya formar una solución sólida del Al del polvo de Al en el Ti del polvo de Ti, la etapa de sinterización incluya permitir la agregación de partículas de un compuesto intermetálico a base de TiAl formado por la unión de Ti y Al disuelto en el Ti, y la temperatura de sinterización preliminar sea mayor que una temperatura a la cual comienza la formación de la solución sólida y menor de una temperatura a la cual las partículas del compuesto intermetálico a base de TiAl comienzan a agregarse. Este método para producir un compacto sinterizado intermetálico
 65 a base de TiAl asegura que el polvo de Ti se mantiene en su sitio en el troquel de sinterización preliminar en el proceso de expansión del volumen del polvo de Ti. Por lo tanto, el proceso de producción de la presente realización puede

suprimir la expansión del volumen del polvo de Ti y suprimir la reducción de densidad sinterizada, mejorando a la vez la precisión de la forma del compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl.

5 Es preferible que en el método para producir un compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl, la temperatura de sinterización preliminar sea igual o mayor de 400 °C y menor de 1.400 °C. Cuando la temperatura de sinterización preliminar se establece en 400 °C o más, puede suprimirse la expansión del volumen del polvo de Ti mediante el troquel de sinterización preliminar, suprimiendo así la reducción de la densidad sinterizada mejorando a la vez la precisión de la forma del compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl. Al establecer la temperatura de sinterización preliminar en 1.400 °C o menos se permite una apropiada sinterización.

10 Es preferible que en el método para producir un compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl, la temperatura de sinterización preliminar sea igual o mayor de 900 °C. Al establecer la temperatura de sinterización preliminar en 900 °C o más, mejora la retención de la forma cuando termina la sinterización preliminar. Por lo tanto, este método para producir un compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl permite una sinterización más apropiada.

15 Es preferible que en el método para producir un compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl, la temperatura de sinterización sea de entre 1.400 °C y 1.500 °C. En este método para producir un compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl, la sinterización a esta temperatura de sinterización después de la sinterización preliminar puede suprimir la reducción de la densidad sinterizada mejorando a la vez la precisión de la forma del compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl.

20 Es preferible que en el método para producir un compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl, la etapa de moldeo por inyección incluye inyectar la mezcla en un molde que tiene un espacio de moldeo en el interior para moldear el producto moldeado, espacio de almacenamiento que tiene una forma y un tamaño sustancialmente iguales al espacio de moldeo. En este método para producir un compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl, dado que el espacio de almacenamiento y el molde tienen sustancialmente la misma forma y tamaño, puede suprimirse apropiadamente la expansión del volumen del polvo de Ti.

30 **Efectos ventajosos de la invención**

La presente invención puede suprimir la reducción de la densidad sinterizada mejorando a la vez la precisión de la forma de un compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl.

35 **Breve descripción de los dibujos**

La FIG. 1 es un diagrama de bloques que ilustra una configuración de un sistema de producción del compacto sinterizado según la presente realización.

La FIG. 2 es una gráfica que ilustra un ejemplo de las condiciones de sinterización preliminar en la presente realización.

40 La FIG. 3 es una gráfica que ilustra un ejemplo de condiciones de sinterización en la presente realización.

La FIG. 4 es un diagrama de flujo que ilustra un flujo de producción de un compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl mediante el sistema de producción del compacto sinterizado según la primera realización.

La FIG. 5 es un diagrama que ilustra un proceso de sinterización según un ejemplo comparativo.

45 La FIG. 6 es un diagrama que ilustra un proceso de sinterización preliminar y un proceso de sinterización según la presente realización.

Descripción de realizaciones

50 Las realizaciones preferidas de la presente invención se describirán en lo sucesivo en relación con los dibujos adjuntos. Debería apreciarse que la presente invención no está limitada por esas realizaciones, y cuando se proporciona una pluralidad de realizaciones, las realizaciones pueden combinarse.

La FIG. 1 es un diagrama de bloques que ilustra una configuración de un sistema de producción del compacto sinterizado según la presente realización. El sistema de producción del compacto sinterizado 1 según la presente realización es un sistema para realizar un método para producir un compacto sinterizado de un compuesto intermetálico a base de TiAl. El compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl se refiere a un compacto sinterizado, compuesto principalmente por un compuesto intermetálico a base de TiAl (aleación basada en TiAl). El compuesto intermetálico a base de TiAl en la presente realización es un compuesto (TiAl, Ti₃Al, Al₃Ti, y similares) en el que están unidos Ti (titanio) y Al (aluminio). Sin embargo, el compuesto intermetálico a base de TiAl puede ser una solución sólida de un metal adicional M, como se describe más adelante, en una fase de TiAl, que es una fase en la que están unidos el Ti y el Al.

65 Como se ilustra en la Figura 1, el sistema de producción del compacto sinterizado 1 incluye un aparato de moldeo por inyección de polvo de metal 10, un aparato de sinterización preliminar 20 y un aparato de sinterización 30. El sistema de producción del compacto sinterizado 1 inyecta una materia prima en polvo junto con un aglutinante en un molde 12 para moldear un producto moldeado con el aparato de moldeo por inyección de polvo de metal 10, sinteriza

preliminarmente el producto moldeado colocado en un troquel de sinterización preliminar 22 para producir un compacto sinterizado preliminarmente con el aparato de sinterización preliminar 20, y sinteriza el compacto sinterizado preliminarmente con el aparato de sinterización 30 para producir un compacto sinterizado de un compuesto intermetálico a base de TiAl (compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl).

5 El aparato de moldeo por inyección de polvo de metal 10 es un aparato que realiza el moldeo por inyección de polvo de metal (MIM). El aparato de moldeo por inyección de polvo de metal 10 moldea un producto moldeado C a partir de una mezcla B de materia prima en polvo A y un aglutinante. La materia prima en polvo A contiene polvo de Ti, polvo de Al y polvo de un metal adicional. El polvo de Ti es polvo de Ti (titanio). El polvo de Al es polvo de Al (aluminio). El
10 polvo de un metal adicional es polvo de un metal adicional M. El metal adicional M es un metal distinto a Ti y Al y contiene, por ejemplo, al menos uno de Nb (niobio), Cr (cromo) y Mn (manganeso). Cuando se usan diferentes tipos de metales como metal adicional, el polvo de un metal adicional puede ser polvo de un único tipo, que es polvo de una aleación de metales, o puede incluir diferentes tipos de polvos de metales para cada metal.

15 La materia prima en polvo A, esto es, el polvo de Ti, el polvo de Al y el polvo de un metal adicional, tiene un tamaño de partícula de entre 1 μm y 50 μm , más preferentemente de entre 1 μm y 20 μm . La materia prima en polvo A contiene entre un 20 y un 80 % en peso de polvo de Ti, entre un 20 y un 80 % en peso de polvo de Al y entre un 0 y un 30 % en peso de polvo de un metal adicional.

20 La mezcla B es una mezcla de la materia prima en polvo A y un aglutinante. El aglutinante une la materia prima en polvo A y es una resina que tiene fluidez. La adición de un aglutinante imparte fluidez y moldeabilidad a la mezcla B.

El aparato de moldeo por inyección de polvo de metal 10 inyecta la mezcla B en el molde 12. El molde 12 es un molde que tiene un espacio de moldeo, que es un espacio que tiene una forma predeterminada en el interior. La mezcla B
25 inyectada en el molde 12 forma un producto moldeado C que tiene la misma forma y tamaño que la forma del espacio de moldeo. El producto moldeado C tiene moldeabilidad debido a la adición de un aglutinante, y se mantiene con la misma forma que la forma del espacio de moldeo incluso después de haber sido extraído del molde 12.

El aparato de sinterización preliminar 20 es un aparato (horno) que sinteriza preliminarmente el producto moldeado C
30 a una temperatura de sinterización preliminar predeterminada para producir un compacto sinterizado preliminarmente D. El producto moldeado C se extrae del molde 12 y se coloca en el troquel de sinterización preliminar 22. El producto moldeado C colocado en el troquel de sinterización preliminar 22 se coloca en el aparato de sinterización preliminar 20 y experimenta una sinterización preliminar para formar un compacto sinterizado preliminarmente D. La sinterización preliminar se refiere a un proceso de calentar el producto moldeado C a una temperatura de sinterización preliminar
35 menor que la temperatura de sinterización descrita más adelante.

El troquel de sinterización preliminar 22 es un troquel que tiene un espacio de almacenamiento que es un espacio que tiene una forma predeterminada en el interior. El troquel de sinterización preliminar 22 está hecho de cerámica, tal como Y_2O_3 , ZrO_2 y Al_2O_3 . El espacio de almacenamiento del troquel de sinterización preliminar 22 tiene
40 sustancialmente la misma forma y tamaño que la forma y tamaño del espacio de moldeo del molde 12. En otras palabras, el espacio de almacenamiento del troquel de sinterización preliminar 22 tiene sustancialmente la misma forma y tamaño que el producto moldeado C. Como se usa en el presente documento, "sustancialmente la misma forma y tamaño" significa la misma forma y tamaño, excepto por diferencias tales como tolerancias dimensionales en general. Sin embargo, el espacio interno del troquel de sinterización preliminar 22 puede ser mayor que el espacio
45 interno del molde 12 en entre un 0 % y un 2 %. Aunque el troquel de sinterización preliminar 22 es un troquel diferente del molde 12 en la presente realización, el troquel de sinterización preliminar 22 puede ser el mismo que el molde 12. Esto es, el molde 12 puede usarse como el troquel de sinterización preliminar 22 *per se*. En este caso, el producto moldeado C moldeado por el aparato de moldeo por inyección de polvo de metal 10 se mantiene en el molde 12, y el molde 12, que sirve como troquel de sinterización preliminar 22, se coloca en el aparato de sinterización preliminar 20 para la sinterización preliminar.
50

La FIG. 2 es una gráfica que ilustra un ejemplo de las condiciones de sinterización preliminar en la presente realización. En la FIG. 2, el eje horizontal representa el tiempo y el eje vertical representa la temperatura en el interior del aparato de sinterización preliminar 20. Como se ilustra en la Figura 2, el aparato de sinterización preliminar 20 acomoda el
55 producto moldeado C colocado en el troquel de sinterización preliminar 22 en el interior y aumenta la temperatura interna desde la temperatura TA0 hasta la temperatura TA1 desde el tiempo HA0 hasta el tiempo HA1. La temperatura TA0 es la temperatura en el tiempo HA0, esto es, al inicio de la sinterización preliminar. La temperatura TA0 es la temperatura ambiente en la presente realización. Sin embargo, puede ser una temperatura menor que la temperatura a la cual se inicia el desengrasado del aglutinante. La temperatura a la cual se inicia el desengrasado del aglutinante es la temperatura a la cual el aglutinante inicia la descomposición térmica, por ejemplo, 300 °C. La temperatura TA1 es una temperatura en el tiempo HA1 y una temperatura de sinterización preliminar. La temperatura TA1 (la temperatura de sinterización preliminar) es mayor que la temperatura a la cual las partículas del compuesto intermetálico a base de TiAl forman cuellos y empiezan a unirse (la temperatura a la cual comienza el proceso de formación del cuello descrito más adelante) y menor que la temperatura a la cual las partículas del compuesto intermetálico a base de TiAl empiezan a agregarse (el proceso de agregación descrito más adelante). Sin embargo, la temperatura TA1 (la temperatura de sinterización preliminar) puede estar fuera de este intervalo de temperaturas,
65

puede ser mayor que la temperatura a la cual el Al comienza a disolverse en el polvo de Ti (el proceso de disolución del sólido descrito más adelante), y puede ser menor que la temperatura a la cual las partículas del compuesto intermetálico a base de TiAl empiezan a agregarse (el proceso de agregación descrito más adelante). Específicamente, la temperatura TA1 es de 900 °C o mayor hasta menor de 1.400 °C, o puede ser de 400 °C o mayor hasta menor de 1.400 °C. El tiempo HA1 es el tiempo, un tiempo predeterminado después del tiempo HA0, por ejemplo, entre 0,5 horas y 3 horas después del tiempo HA0.

Como se ilustra en la Figura 2, en el tiempo HA1, cuando se alcanza la temperatura TA1 (la temperatura de sinterización preliminar), el aparato de sinterización preliminar 20 mantiene la temperatura interna a la temperatura TA1 hasta el tiempo HA2. El tiempo HA2 es el tiempo, un tiempo predeterminado después del tiempo HA1, por ejemplo, entre 0,5 horas y 10 horas después del tiempo HA1. El aparato de sinterización preliminar 20 disminuye la temperatura interna desde la temperatura TA1 hasta la temperatura TA0 desde el tiempo HA2 hasta el tiempo HA3 y termina el proceso de sinterización preliminar. De esta manera, el aparato de sinterización preliminar 20 sinteriza preliminarmente el producto moldeado C colocado en el troquel de sinterización preliminar 22 a la temperatura TA1 (la temperatura de sinterización preliminar) para producir un compacto sinterizado preliminarmente D. El tiempo HA3 es el tiempo, un tiempo predeterminado después del tiempo HA2, por ejemplo, entre 0,5 horas y 3 horas después del tiempo HA2.

El aparato de sinterización 30 es un aparato (horno) que sinteriza el compacto sinterizado preliminarmente D para producir un compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl E. El compacto sinterizado preliminarmente D se extrae del troquel de sinterización preliminar 22 y se coloca en el aparato de sinterización 30. El aparato de sinterización 30 sinteriza este compacto sinterizado preliminarmente D a una temperatura de sinterización predeterminada para producir un compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl E.

La FIG. 3 es una gráfica que ilustra un ejemplo de condiciones de sinterización en la presente realización. En la FIG. 3, el eje horizontal representa el tiempo y el eje vertical representa la temperatura en el interior del aparato de sinterización 30. Como se ilustra en la Figura 3, el aparato de sinterización 30 acomoda el compacto sinterizado preliminarmente D extraído del troquel de sinterización preliminar 22 en el interior y aumenta la temperatura interna desde la temperatura TB0 hasta la temperatura TB1 desde el tiempo HB0 hasta el tiempo HB1. La temperatura TB0 es la temperatura en el tiempo HB0, esto es, al inicio de la sinterización. La temperatura TB0 es la temperatura ambiente. La temperatura TB1 es la temperatura en el tiempo HB1 y es la temperatura de sinterización. La temperatura TB1 (la temperatura de sinterización) es una temperatura mayor que la temperatura de sinterización preliminar, una temperatura que permite la sinterización del polvo de Ti y del polvo de Al, esto es, la temperatura a la cual los cuellos entre las partículas de polvo del compuesto intermetálico a base de TiAl crecen para agregarse (el proceso de agregación descrito más adelante). La temperatura TB1 (la temperatura de sinterización) es preferentemente de entre 1.400 °C y 1.500 °C, más preferentemente de entre 1.420 °C y 1.470 °C. El tiempo HB1 es el tiempo, un tiempo predeterminado después del tiempo HB0, por ejemplo, entre 0,5 horas y 3 horas después del tiempo HB0.

Como se ilustra en la Figura 3, en el tiempo HB1 cuando se alcanza la temperatura TB1 (la temperatura de sinterización), el aparato de sinterización 30 mantiene la temperatura interna a la temperatura TB1 hasta el tiempo HB2. El tiempo HB2 es el tiempo, un tiempo predeterminado después del tiempo HB1, por ejemplo, entre 0,5 horas y 5 horas después del tiempo HB1. El aparato de sinterización 30 disminuye la temperatura interna desde la TB1 hasta la TB0 desde el tiempo HB2 hasta el tiempo HB3 y termina el proceso de sinterización. De esta manera, el aparato de sinterización 30 sinteriza el compacto sinterizado preliminarmente D extraído del troquel de sinterización preliminar 22 a la temperatura TB1 (la temperatura de sinterización) para producir un compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl E. El tiempo HB3 es el tiempo, un tiempo predeterminado después del tiempo HB2, por ejemplo, entre 0,5 horas y 10 horas después del tiempo HB2.

Ahora se describirá el flujo de producción del compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl E mediante el sistema de producción del compacto sinterizado 1. La FIG. 4 es un diagrama de flujo que ilustra el flujo de producción de un compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl mediante el sistema de producción del compacto sinterizado según la primera realización. Como se ilustra en la Figura 4, el sistema de producción del compacto sinterizado 1 mezcla la materia prima en polvo A con un aglutinante, en primer lugar, para producir una mezcla B (etapa S10). Este proceso de producir la mezcla B puede ser realizado por una máquina o puede ser realizado por un operario. Después de producir la mezcla B, el sistema de producción del compacto sinterizado 1 moldea por inyección la mezcla B en el molde 12 con el aparato de moldeo por inyección de polvo de metal 10 para moldear un producto moldeado C (etapa S12). Después de moldear el producto moldeado C, el sistema de producción del compacto sinterizado 1 coloca el producto moldeado C en el troquel de sinterización preliminar 22 (etapa S14) y sinteriza preliminarmente el producto moldeado C colocado en el troquel de sinterización preliminar 22 con el aparato de sinterización preliminar 20, para producir un compacto sinterizado preliminarmente D (etapa S16). Después de producir el compacto sinterizado preliminarmente D, el sistema de producción del compacto sinterizado 1 extrae el compacto sinterizado preliminarmente D del troquel de sinterización preliminar 22 (etapa S18) y sinteriza el compacto sinterizado preliminarmente D extraído del troquel de sinterización preliminar 22 con el aparato de sinterización 30, para producir un compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl E (etapa S20). Este proceso finaliza tras la producción del compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl E.

La materia prima en polvo A contiene polvo de Ti y polvo de Al. Cuando se sinteriza el producto moldeado C compuesto

por dicha materia prima en polvo A, el Al se disuelve y difunde en el polvo de Ti (fase de Ti) debido al denominado efecto Kirkendall, para producir compuesto intermetálico a base de polvo de TiAl. Las partículas de polvo del compuesto intermetálico a base de TiAl forman cuellos que se van a unir (fusionar) para producir un compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl E. Cuando el Al se disuelve y difunde en el polvo de Ti, las partículas de polvo de Ti se hacen más grandes, de forma que aumenta la distancia entre los centros entre las partículas de polvo de Ti. Esto da como resultado una expansión del volumen. Por lo tanto, cuando se sinteriza la materia prima en polvo A, se produce una expansión del volumen para dificultar el mantenimiento de la forma, y es difícil mejorar la precisión de la forma. Según continúa la sinterización, el volumen se expande y después se contrae para producir el compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl E. Una vez se expande el volumen, la densidad sinterizada final disminuye después de la contracción. En particular, cuando se usa el proceso de moldeo por inyección de polvo de metal, es necesario realizar la sinterización manteniendo la forma moldeada. Sin embargo, esta expansión del volumen hace particularmente difícil mantener la forma moldeada. El sistema de producción del compacto sinterizado 1 según la presente realización realiza la sinterización preliminar en el troquel de sinterización preliminar 22 antes de la sinterización, suprimiendo así la expansión del volumen, mejorando la precisión de la forma y suprimiendo la reducción en la densidad sinterizada. La presente realización se compara con un ejemplo comparativo, a continuación.

La FIG. 5 es un diagrama que ilustra un proceso de sinterización según un ejemplo comparativo. En el ejemplo comparativo, se produce un compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl E_x mediante el desengrasado y la sinterización del producto moldeado C sin realizar la sinterización preliminar. En la siguiente descripción, el polvo de Ti se denomina partícula de polvo de Ti X, el polvo de Al se denomina partícula de polvo de Al Y, y el polvo de compuesto intermetálico a base de TiAl se denomina partícula de polvo de compuesto intermetálico a base de TiAl Z. En la siguiente descripción, no se proporciona una descripción del polvo de un metal adicional. Como se ilustra en la Figura 5, en un proceso de terminación del moldeo, las partículas de polvo de Ti X y las partículas de polvo de Al Y forman el producto moldeado C. El proceso de terminación del moldeo es posterior al moldeo del producto moldeado C mediante un moldeo por inyección de polvo de metal y antes de iniciar la sinterización. La distancia entre los centros entre las partículas de polvo de Ti X en el proceso de terminación del moldeo es L1.

En el ejemplo comparativo, el producto moldeado C se calienta y se sinteriza sin ponerlo en un troquel tal como el troquel de sinterización preliminar 22. El producto moldeado C, cuando se calienta, experimenta un proceso de desengrasado de desengrasado del aglutinante, en primer lugar. En el proceso de desengrasado, el aglutinante es desengrasado y solo se dejan las partículas de polvo de Ti X y las partículas de polvo de Al Y. En el proceso de desengrasado, las partículas de polvo de Ti X todavía no han reaccionado con las partículas de polvo de Al Y, y por lo tanto, la distancia entre los centros entre partículas de polvo de Ti X sigue siendo L1. Según aumenta más la temperatura, el proceso de desengrasado continúa hasta el proceso de disolución del sólido. En el proceso de disolución del sólido, el Al del polvo de Al cubre la periferia de las partículas de polvo de Ti X y comienza a disolverse en las partículas de polvo de Ti X. En este proceso de disolución del sólido, el Al cubre la periferia de las partículas de polvo de Ti X y se disuelve en las partículas de polvo de Ti X. Por lo tanto, las partículas de polvo de Ti X se hacen mayores, y la distancia entre los centros entre las partículas de polvo de Ti X se hace L2, mayor que L1. Por consiguiente, en el proceso de disolución del sólido, se produce la expansión del volumen como un todo, y el volumen es mayor que el producto moldeado C. Según aumenta más la temperatura, el proceso de disolución del sólido continúa hasta el proceso de difusión. En el proceso de difusión, el Al disuelto en las partículas de polvo de Ti X (fase de Ti) difunde para producir partículas de polvo de compuesto intermetálico a base de TiAl Z. La distancia entre los centros entre las partículas de polvo de compuesto intermetálico a base de TiAl Z en el proceso de difusión sigue siendo L2.

El proceso de difusión está seguido por el proceso de formación del cuello. En el proceso de formación del cuello, las partículas de polvo de compuesto intermetálico a base de TiAl Z forman un cuello y comienzan a unirse. En el proceso de formación del cuello, aunque comienza la formación del cuello, los cuellos todavía no han crecido (agregado), y la distancia entre los centros entre las partículas de polvo de compuesto intermetálico a base de TiAl Z sigue siendo L2. El proceso de formación del cuello está seguido por el proceso de agregación. En el proceso de agregación, los cuellos formados entre las partículas de polvo de compuesto intermetálico a base de TiAl Z crecen, y las partículas de polvo de compuesto intermetálico a base de TiAl Z se agregan para producir un compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl E_x. En el proceso de agregación, la distancia entre las partículas de polvo de compuesto intermetálico a base de TiAl Z disminuye, y la distancia entre los centros entre las partículas de polvo de compuesto intermetálico a base de TiAl Z se hace L3, menor que L2.

Ahora se describirá la presente realización. La FIG. 6 es un diagrama que ilustra el proceso de sinterización preliminar y el proceso de sinterización según la presente realización. En la presente realización, al menos el proceso de desengrasado y el proceso de disolución del sólido se realizan en la sinterización preliminar, y al menos el proceso de agregación se realiza en el proceso de sinterización. En la presente realización, en primer lugar, el producto moldeado C se coloca en el troquel de sinterización preliminar 22 para que experimente una sinterización preliminar. En la presente realización, el proceso de terminación del moldeo tiene lugar después de colocar el producto moldeado C en el troquel de sinterización preliminar 22 y antes de iniciar la sinterización preliminar. El producto moldeado C colocado en el troquel de sinterización preliminar 22 se calienta hasta una temperatura de sinterización preliminar y experimenta inicialmente el proceso de desengrasado de desengrasado del aglutinante para dejar solo las partículas de polvo de Ti X y las partículas de polvo de Al Y. La distancia entre los centros entre las partículas de polvo de Ti X en el proceso

de terminación del moldeo y el proceso de desengrasado es L1. El proceso de desengrasado tiene lugar, por ejemplo, cuando la temperatura se aumenta hasta 300 °C o más.

5 Según aumenta más la temperatura, el proceso de desengrasado continúa hasta el proceso de disolución del sólido. El proceso de disolución del sólido tiene lugar, por ejemplo, cuando la temperatura se calienta hasta 400 °C o más. En el proceso de disolución del sólido, el Al del polvo de Al cubre la periferia de las partículas de polvo de Ti X y comienza a disolverse en las partículas de polvo de Ti X. En este proceso de disolución del sólido, las partículas de polvo de Ti X intentan expandirse, pero el troquel de sinterización preliminar 22, que tiene sustancialmente la misma forma que el producto moldeado C, suprime la expansión y mantiene sustancialmente la misma forma que el producto
10 moldeado C. En el proceso de disolución del sólido de la presente realización, la expansión de las partículas de polvo de Ti X se suprime más que el ejemplo comparativo, y por lo tanto, la distancia entre los centros L4 entre las partículas de polvo de Ti X es menor que la distancia L2 en el ejemplo comparativo. Esto es, en la presente realización, se suprime la expansión del volumen en el proceso de disolución del sólido.

15 Según aumenta más la temperatura, el proceso de disolución del sólido continúa hasta el proceso de difusión. En el proceso de difusión, el Al disuelto en las partículas de polvo de Ti X (fase de Ti) difunde (se une) para producir partículas de polvo de compuesto intermetálico a base de TiAl Z. La distancia entre los centros entre las partículas de polvo de compuesto intermetálico a base de TiAl Z en el proceso de difusión sigue siendo L4. Según aumenta más la temperatura, el proceso de difusión continúa hasta el proceso de formación del cuello. El proceso de formación del
20 cuello tiene lugar, por ejemplo, cuando la temperatura se aumenta hasta 900 °C o más. En el proceso de formación del cuello, las partículas de polvo de compuesto intermetálico a base de TiAl Z forman cuellos y empiezan a unirse. En el proceso de formación del cuello, aunque ha comenzado la formación del cuello, los cuellos todavía no han crecido (agregado), y por lo tanto, la distancia entre los centros entre las partículas de polvo de compuesto intermetálico a base de TiAl Z sigue siendo L4. En la presente realización, se incluye hasta el proceso de formación
25 del cuello en el proceso de sinterización preliminar. Sin embargo, el proceso de sinterización preliminar, esto es, el proceso de colocación en el troquel de sinterización preliminar 22 es en cualquier momento al menos antes del proceso de disolución del sólido en el que se produce la expansión del volumen. En otras palabras, en el proceso de sinterización preliminar, las partículas de polvo de compuesto intermetálico a base de TiAl Z pueden no producirse hasta que finalice la formación de la solución sólida de Al (expansión del volumen). El proceso de sinterización preliminar puede incluir parte del proceso de agregación, esto es, hasta que el proceso en el que el proceso de agregación no se ha completado, pero el proceso de agregación ha comenzado en cierta medida.

En la presente realización, el proceso de sinterización preliminar termina en el proceso de difusión y continúa hasta el proceso de sinterización. Esto es, después de que haya terminado el proceso de difusión, el compacto sinterizado preliminarmente D se extrae del troquel de sinterización preliminar 22 y se realiza la sinterización a una temperatura de sinterización. Cuando la temperatura se aumenta hasta la temperatura de sinterización, tiene lugar el proceso de agregación. El proceso de agregación se produce, por ejemplo, cuando la temperatura se aumenta hasta 1400 °C o más. En el proceso de agregación, crecen los cuellos entre las partículas de polvo de compuesto intermetálico a base de TiAl Z, de forma que las partículas de polvo de compuesto intermetálico a base de TiAl Z se agregan para producir
40 el compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl E. En el proceso de agregación, la distancia entre las partículas de polvo de compuesto intermetálico a base de TiAl Z disminuye, y la distancia entre los centros entre las partículas de polvo de compuesto intermetálico a base de TiAl Z se hace L5, menor que L4. En la presente realización, dado que se suprime la expansión del volumen de las partículas de polvo de Ti X, la distancia L5 es menor que la distancia L3 en el compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl E_x del ejemplo comparativo. En el compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl E según la presente realización, dado que se suprime la expansión del volumen de las partículas de polvo de Ti X, el cambio en la forma del producto moldeado C es menor que en el ejemplo comparativo, mejorando así la precisión de la forma. Además, en el compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl E según la presente realización, dado que se suprime la expansión del volumen de las partículas de polvo de Ti X, se suprime la reducción de la densidad sinterizada, como indica la distancia L5, menor que la distancia L3.

50 Como se ha descrito anteriormente, el método para producir el compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl E mediante el sistema de producción del compacto sinterizado 1 incluye en la presente realización una etapa de mezcla, una etapa de moldeo por inyección, una etapa de sinterización preliminar y una etapa de sinterización. La etapa de mezcla mezcla el polvo de Ti, el polvo de Al y un aglutinante para producir una mezcla B. La etapa de moldeo por inyección moldea la mezcla B en un producto moldeado C que tiene una forma predeterminada con un moldeador por inyección de metales. La etapa de sinterización preliminar coloca el producto moldeado C en el troquel de sinterización preliminar 22 que tiene un espacio de almacenamiento en el interior y realiza la sinterización a una temperatura de sinterización preliminar predeterminada para producir un compacto sinterizado preliminarmente D. La etapa de sinterización extrae el compacto sinterizado preliminarmente D del troquel de sinterización preliminar 22 y realiza la sinterización a una temperatura de sinterización mayor que la temperatura de sinterización preliminar, para formar un compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl E.
60

En el método para producir el compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl E de la presente realización, en el que se mezclan el polvo de Ti y el polvo de Al y se someten a un moldeo por inyección de polvo de metal para producir el compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl E, se realiza la sinterización preliminar antes de la sinterización. En la sinterización preliminar, el producto moldeado C se coloca en el troquel de sinterización preliminar 22. Por lo
65

tanto, según este proceso de producción, la expansión del volumen de las partículas de polvo de Ti X en el proceso de disolución del sólido de Al puede ser suprimida mediante el troquel de sinterización preliminar 22. Este proceso puede suprimir la reducción de la densidad sinterizada, mejorando a la vez la precisión de la forma del compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl E.

5 En el método para producir el compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl E de la presente realización, la etapa de sinterización preliminar forma una solución sólida de Al del polvo de Al en el Ti del polvo de Ti (el proceso de disolución del sólido). La etapa de sinterización permite la agregación de las partículas del compuesto intermetálico a base de TiAl formadas por la unión del Ti y el Al disuelto en el Ti (el proceso de agregación). La temperatura de sinterización preliminar es mayor que la temperatura a la cual comienza la formación de una solución sólida de Al (la temperatura a la cual comienza el proceso de disolución del sólido de Al) y menor de la temperatura a la cual las partículas del compuesto intermetálico a base de TiAl empiezan a agregarse (la temperatura a la cual comienza el proceso de agregación). Por consiguiente, el proceso de producción en la presente realización asegura que las partículas de polvo de Ti X se mantienen colocadas en el troquel de sinterización preliminar 22 en el proceso de disolución del sólido de Al, esto es, el proceso en el cual tiene lugar la expansión del volumen de las partículas de polvo de Ti X. El proceso de producción en la presente realización puede suprimir, por lo tanto, la expansión del volumen de las partículas de polvo de Ti X y suprimir la reducción de la densidad sinterizada, mejorando a la vez la precisión de la forma del compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl E.

20 La temperatura de sinterización preliminar es de 400 °C o mayor hasta menor de 1.400 °C. Dado que el proceso de disolución del sólido de Al se inicia desde aproximadamente 400 °C, la temperatura de sinterización preliminar se establece en 400 °C o mayor, de forma que se suprima la expansión del volumen de las partículas de polvo de Ti X mediante el troquel de sinterización preliminar 22, suprimiendo así la reducción de la densidad sinterizada, mejorando a la vez la precisión de la forma del compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl E. Dado que el proceso de agregación se puede iniciar más allá de 1.400 °C, la temperatura de sinterización preliminar se establece en 1.400 °C o menos, de forma que pueda realizarse apropiadamente la sinterización.

30 Preferentemente, la temperatura de sinterización preliminar es de 900 °C o mayor hasta menor de 1.400 °C. Dado que el proceso de formación del cuello de las partículas de polvo de compuesto intermetálico a base de TiAl Z se inicia a 900 °C o más, al menos parte de las partículas de polvo de compuesto intermetálico a base de TiAl Z se unen a través de la formación del cuello cuando termina la sinterización preliminar. Esto mejora la retención de la forma en la extracción desde el troquel de sinterización preliminar 22. Por lo tanto, al establecer la temperatura de sinterización preliminar en 900 °C o mayor hasta menos de 1.400 °C se permite una apropiada sinterización.

35 Preferentemente, la temperatura de sinterización es de entre 1.400 °C y 1.500 °C. La sinterización a esta temperatura de sinterización después de la sinterización preliminar puede suprimir la reducción de la densidad sinterizada, mejorando a la vez la precisión de la forma del compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl E.

40 La etapa de moldeo por inyección inyecta la mezcla B en el molde 12 que tiene un espacio de moldeo en el interior para formar un producto moldeado C. La forma y el tamaño del espacio de almacenamiento del troquel de sinterización preliminar 22 son sustancialmente los mismos que el espacio de moldeo del molde 12. Dado que el troquel de sinterización preliminar 22 tiene sustancialmente la misma forma y tamaño que el molde 12, se suprime apropiadamente la expansión del volumen de las partículas de polvo de Ti X. El proceso de producción según la presente realización puede suprimir, por lo tanto, la reducción de la densidad sinterizada, mejorando a la vez la precisión de la forma.

50 Aunque anteriormente se han descrito realizaciones de la presente invención, las realizaciones no pretenden estar limitadas por los detalles de estas realizaciones. Los componentes anteriores incluyen aquellos fácilmente concebidos por los expertos en la materia, aquellos sustancialmente idénticos, y equivalentes. Además, los componentes anteriores pueden combinarse según sea apropiado. Los componentes pueden ser omitidos, sustituidos o modificados de diversas formas sin desviarse del espíritu de las anteriores realizaciones.

Lista de signos de referencia

- 1 Sistema de producción del compacto sinterizado
- 10 Aparato de moldeo por inyección de polvo de metal
- 12 Molde
- 20 Aparato de sinterización preliminar
- 22 Troquel de sinterización preliminar
- 30 Aparato de sinterización
- A Materia prima en polvo
- B Mezcla
- C Producto moldeado
- D Compacto sinterizado preliminar

ES 2 813 049 T3

- E Compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl
- X Partícula de polvo de Ti
- Y Partícula de polvo de Al
- Z Partícula de polvo del compuesto intermetálico a base de TiAl

REIVINDICACIONES

1. Un método para producir un compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl (E), método que comprende:

5 una etapa de mezcla de mezclar el polvo de Ti, el polvo de Al y un aglutinante para producir una mezcla (B);
una etapa de moldeo por inyección de moldeo de la mezcla (B) dando un producto moldeado (C) que tiene una
forma predeterminada con un moldeador por inyección de metales (10);
una etapa de sinterización preliminar de colocar el producto moldeado (C) en un troquel de sinterización preliminar
10 (22) que tiene un espacio de almacenamiento en el interior y realizar una sinterización a una temperatura de
sinterización preliminar predeterminada para producir un compacto sinterizado preliminarmente (D); y
una etapa de sinterización de extraer el compacto sinterizado preliminarmente (D) del troquel de sinterización
preliminar (22) y realizar una sinterización a una temperatura de sinterización mayor que la temperatura de
sinterización preliminar, para formar el compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl (E),
15 en donde la etapa de moldeo por inyección incluye inyectar la mezcla (B) en un molde (12) que tiene un espacio
de moldeo en el interior para moldear el producto moldeado (C), teniendo el espacio de almacenamiento una forma
y un tamaño sustancialmente iguales al espacio de moldeo.

2. El método para producir un compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl (E) según la reivindicación 1, en
donde la etapa de sinterización preliminar incluye formar una solución sólida del Al del polvo de Al en el Ti del polvo
de Ti, la etapa de sinterización incluye permitir la agregación de partículas de un compuesto intermetálico a base de
20 TiAl formado por la unión de Ti y Al disueltos en el Ti, y la temperatura de sinterización preliminar es mayor que una
temperatura a la cual comienza la formación de la solución sólida y menor de una temperatura a la cual las partículas
del compuesto intermetálico a base de TiAl comienzan a agregarse.

25 3. El método para producir un compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl (E) según la reivindicación 2, en
donde la temperatura de sinterización preliminar es igual o mayor de 400 °C y menor de 1.400 °C.

4. El método para producir un compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl (E) según la reivindicación 3, en
donde la temperatura de sinterización preliminar es igual o mayor de 900 °C.
30

5. El método para producir un compacto sinterizado intermetálico a base de TiAl (E) según las reivindicaciones 3 o 4,
en donde la temperatura de sinterización es de entre 1.400 °C y 1.500 °C.

FIG.1

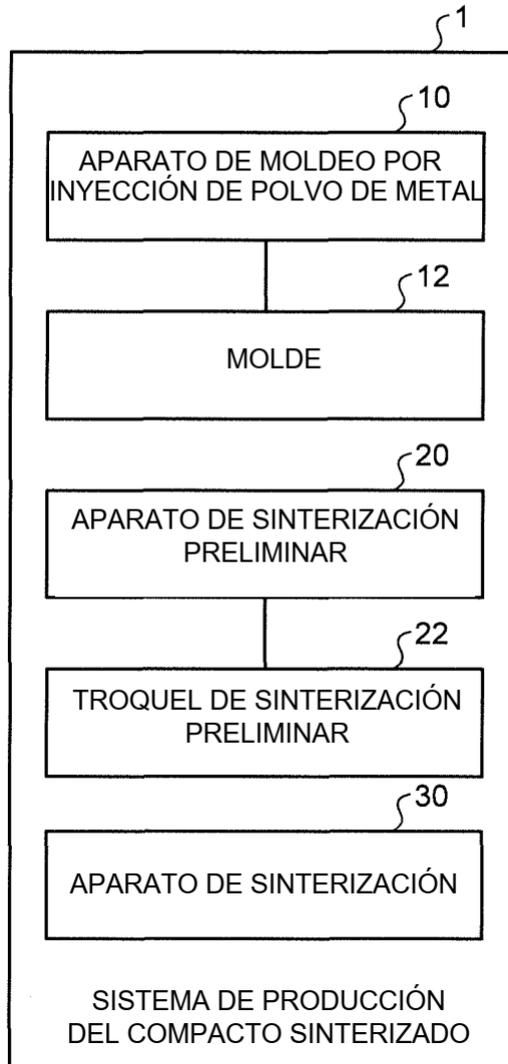


FIG.2

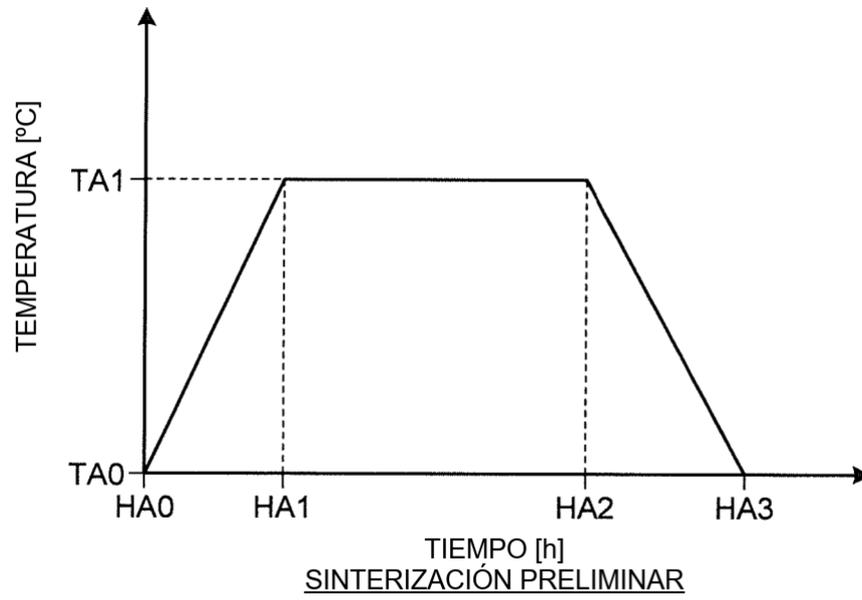


FIG.3

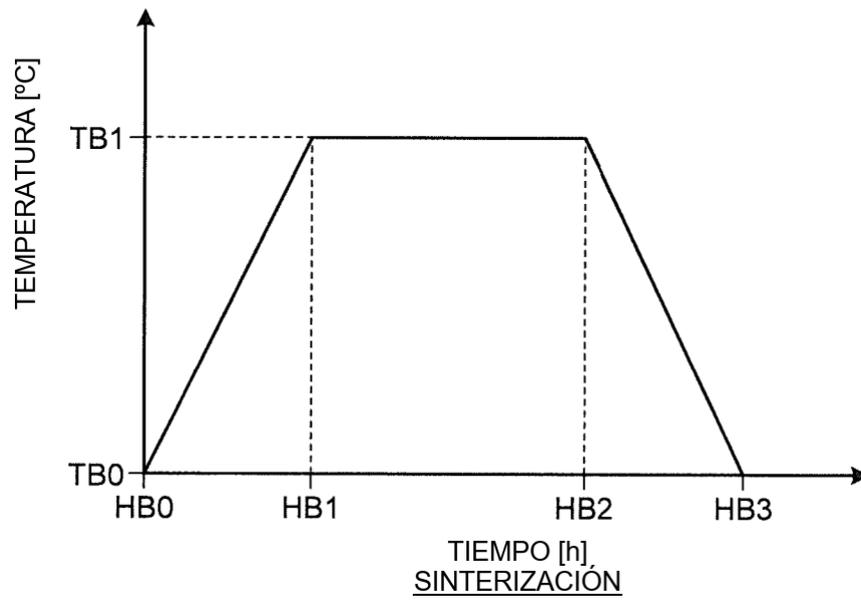


FIG.4

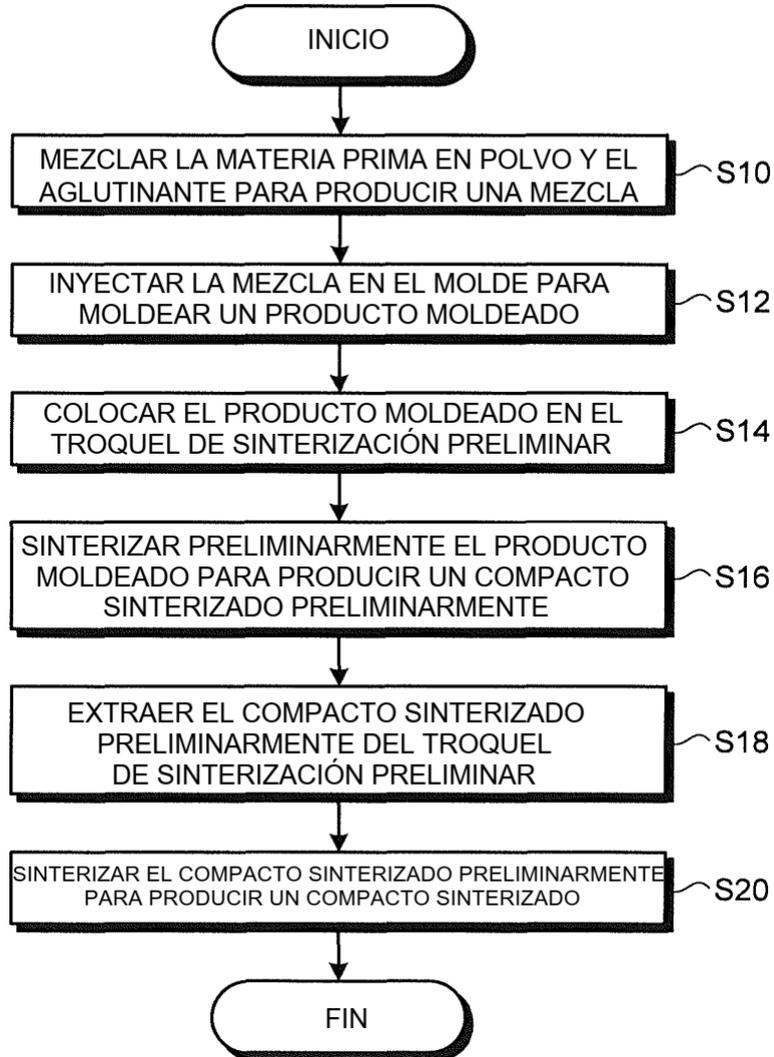


FIG.5

EJEMPLO COMPARATIVO

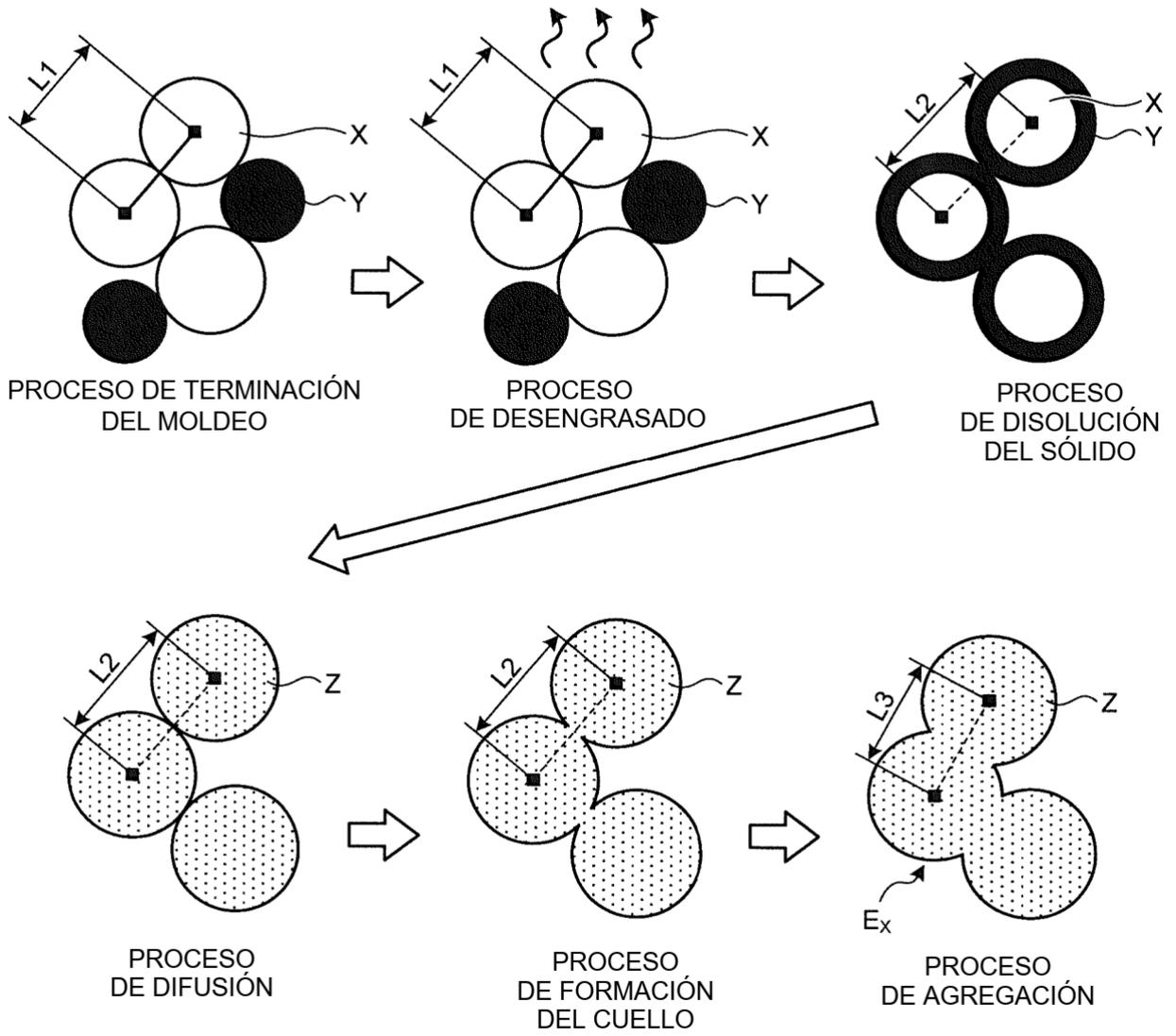


FIG.6

REALIZACIÓN ACTUAL

