

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 728 527**

51 Int. Cl.:

<b>B22F 5/00</b>	(2006.01) <b>B22D 7/00</b>	(2006.01)
<b>B22F 5/04</b>	(2006.01) <b>B22D 29/00</b>	(2006.01)
<b>B22F 3/15</b>	(2006.01)	
<b>B22F 3/24</b>	(2006.01)	
<b>B22F 9/08</b>	(2006.01)	
<b>C25F 5/00</b>	(2006.01)	
<b>C22C 1/02</b>	(2006.01)	
<b>C22C 14/00</b>	(2006.01)	
<b>C22F 1/18</b>	(2006.01)	
<b>C22C 1/04</b>	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.09.2014 E 14182981 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2019 EP 2990141**

54 Título: **Procedimiento de fabricación de componentes de TiAl**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**25.10.2019**

73 Titular/es:

**MTU AERO ENGINES AG (100.0%)  
Dachauer Strasse 665  
80995 München, DE**

72 Inventor/es:

**SCHLOFFER, MARTIN y  
SMARSLY, WILFRIED**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**Observaciones:**

**Véase nota informativa (Remarks, Remarques o Bemerkungen) en el folleto original publicado por la Oficina Europea de Patentes**

ES 2 728 527 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento de fabricación de componentes de TiAl

**Antecedentes de la invención****Campo de la invención**

- 5 La presente invención se refiere a un procedimiento para la fabricación de un componente, en particular, un componente para una turbomáquina como, por ejemplo, un turbopropulsor, de un material de alta temperatura, en particular, una aleación de TiAl.

**Estado de la técnica**

- 10 Para el funcionamiento de turbomáquinas, a causa de las condiciones de utilización de los componentes utilizados con en parte altas temperaturas, entornos agresivos y grandes fuerzas que influyen, son necesarios materiales especiales para determinados componentes, que están adaptados óptimamente a la finalidad de uso tanto por su composición química como también por su microestructura.

- 15 Aleaciones a base de compuestos intermetálicos de aluminio de titanio (aleaciones de TiAl), encuentran aplicación en la construcción de turbomáquinas, como turbinas de gas estacionarias o turbopropulsores, por ejemplo, como material para álabes, dado que presentan las propiedades mecánicas necesarias para la utilización y, adicionalmente, poseen una masa específica reducida, de modo que la utilización de aleaciones de este tipo puede aumentar la eficiencia de turbinas de gas estacionarias y de turbopropulsores. De manera correspondiente, ya hay una pluralidad de aleaciones de TiAl así como procedimientos para la fabricación de correspondientes componentes de ellas.

- 20 Se pueden fabricar de manera similar componentes de aleaciones de TiAl a componentes semejantes de otras aleaciones de alta temperatura, por ejemplo, a base de Ni, Fe o Co, así como por fusión metalúrgica como también pulvimetalúrgicamente.

- 25 En la fabricación por fusión metalúrgica se proporciona la aleación, que se utiliza para la fabricación del componente, en forma de una masa fundida y ésta se funde en un molde. El material fundido debe someterse, habitualmente, a conformaciones adecuadas y/o a tratamientos térmicos para destruir la estructura de metal fundido y preparar una microestructura deseada del material. El correspondiente componente puede entonces, mediante tratamiento posterior adecuado, por ejemplo, mediante tratamiento mecánico con arranque de virutas o tratamiento electroquímico, llevarse a la forma deseada.

- 30 En la fabricación de manera pulvimetalúrgica, las etapas de fabricación comprenden adicional o alternativamente a las etapas individuales de la fabricación por fusión metalúrgica, la utilización de materiales en polvo para crear, por ejemplo, mediante aleación mecánica una composición deseada del material. En el documento US 5,424,027 se describe un ejemplo para la fabricación de un objeto de una aleación de TiAl bajo utilización de materiales en polvo.

- 35 De acuerdo con ese documento, se fabrican objetos de aleaciones de TiAl con 50 en %atómico de aluminio, así como aleaciones con 48 en %atómico de aluminio y 1 en %atómico de niobio, 48 en %atómico de aluminio, 2 en %atómico de niobio y 2 en %atómico de cromo, así como 48 en %atómico de aluminio, 1 en %atómico de niobio y 1 en %atómico de vanadio y 48 en %atómico de aluminio, 3 en %atómico de niobio, 2 en %atómico de cromo y 1 en %atómico de manganeso así como resto respectivamente titanio, de tal manera que un correspondiente polvo de TiAl prealeado se carga en un molde adecuado para, a continuación, prensarse isostáticamente en caliente. Después del prensado isostático en caliente, el material se somete a una estampación en caliente para preparar una microestructura fina, uniforme e isotrópica.

- 40 Para una estampación en caliente, que puede realizarse tanto en una fabricación por fusión metalúrgica como también en una fabricación de manera pulvimetalúrgica de acuerdo con el documento US 5,424,027, o bien debe realizarse para lograr determinadas propiedades, es necesario un gran esfuerzo con respecto a las etapas de estampación en caliente. Además, en una fabricación de este tipo, se da un gran consumo de material, dado que no es posible una fabricación próxima a su forma final, por ejemplo, mediante fundición próxima a su forma final. En relación con esto, resulta entonces un esfuerzo adicional aumentado para la conformación con arranque de virutas o bien electroquímica del componente.

- 50 El documento JP 2008208432 A da a conocer una fabricación de manera pulvimetalúrgica de un componente a partir de un material de TiAl mediante prensado isostático en caliente. También en los documentos US 5 768 679 A y JP 2006 009 062 A, se describen procedimientos para la fabricación de componentes a partir de materiales de TiAl, en los que la conformación tiene lugar mediante prensado isostático en caliente (HIP), realizándose después de la conformación un tratamiento térmico del componente.

**Revelación de la invención****Objeto de la invención**

Es por ello objeto de la presente invención especificar un procedimiento para la fabricación de un componente a partir de una aleación de alta temperatura, en particular, una aleación de TiAl, con la que un componente se puede fabricar eficiente bajo reducción del esfuerzo en comparación con el estado de la técnica, debiendo presentar el material del componente una microestructura óptima, en particular, una microestructura homogénea y uniforme, de modo que el componente también presente propiedades mecánicas uniformes. El correspondiente procedimiento debe ser realizable de manera sencilla y fiable y permitir preparar microestructuras adecuadas reproducibles con aleaciones de alta temperatura y, en particular, aleaciones de TiAl, que proporcionen las propiedades necesarias, en particular, para componentes de turbomáquinas.

Esta misión se resuelve mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 1. Configuraciones ventajosas son objeto de las reivindicaciones dependientes.

De acuerdo con la presente invención se propone fabricar un componente, en particular, un componente para una turbomáquina, como una turbina de gas estacionaria o un turbopropulsor, a partir de una aleación de TiAl, de tal manera que, en primer lugar, se produce un polvo a partir de la aleación deseada, este polvo se carga en una cápsula, cuya forma corresponde en gran medida a la forma del componente a ser fabricado y prensar isostáticamente en caliente estas cápsulas con el polvo cargado y someterlas a un tratamiento térmico, de modo que tras la retirada de la cápsula y del tratamiento posterior del componente para la fabricación del contorno definitivo mediante arranque de material, se presenta el componente acabado.

Mediante el procedimiento de acuerdo con la invención se puede evitar una estampación en caliente, o bien un forjado del material, de modo que se puede reducir el esfuerzo durante la fabricación. Al mismo tiempo, sin embargo, se puede producir una microestructura uniforme, homogénea sin segregaciones y simplificaciones excesivas de precipitación, que proporciona propiedades mecánicas favorables del material utilizado para la utilización en turbomáquinas.

Mediante la utilización de una cápsula próxima a su forma final que tiene en cuenta la forma del componente a ser fabricado, o bien, se aproxima a ésta, se pueden evitar tratamientos posteriores costosos con la retirada de un gran volumen de material sobrante mediante arranque de material, de modo que se puede reducir la utilización de material y el esfuerzo unido en consecuencia. La forma próxima a su forma final de la cápsula debe, por lo tanto, tener en cuenta únicamente las etapas de tratamiento subsiguientes en los que, sin embargo, ya no tiene lugar un extenso cambio de forma del componente, como esto sería el caso, por ejemplo, con una estampación en caliente imprescindible. Por ejemplo, puede estar prevista únicamente una pequeña sobremedida con respecto a la forma definitivo o bien contorno del componente a ser fabricado, que tiene en cuenta variaciones condicionadas por la fabricación en el prensado isostático en caliente, el tratamiento térmico o la retirada de la cápsula, de modo que mediante el posterior arranque de material se puede obtener la forma deseada del componente.

Mediante la utilización de polvo, se puede lograr una microestructura fina con tamaño de grano pequeño distribuido homogéneo y distribución de elemento homogénea, dado que, por ejemplo, no se aplican texturas mediante procesos de forjado y el polvo se puede manipular muy bien en el vacío y bajo gas protector y, por lo tanto, se puede aplicar y tratar con correspondiente pureza. En este caso, para lograr una pequeña proporción en impurezas, por ejemplo, contaminaciones por oxígeno, se puede realizar un tratamiento bajo gas protector.

El procedimiento de fabricación arriba descrito puede utilizarse, en particular, para aleaciones de TiAl y, en particular, aleaciones de TiAl de alta aleación y/o aleaciones de TiAl con altos contenidos de Al, por ejemplo, con contenidos de Al de más de 30 en %atómico de Al, en particular, más de 45 en %atómico de Al, preferiblemente, más 50 en %atómico y hasta 60 en %atómico de Al o más, dado que en estas aleaciones con el presente procedimiento es favorable lograr la conformación de precipitaciones distribuidas finas y una microestructura homogénea de grano fino.

En la producción del polvo para la utilización en el presente procedimiento, pueden encontrar aplicación diferentes materiales de partida como, por ejemplo, polvo a partir de los elementos individuales a ser aleados o polvo a ser reciclado o polvo a partir de aleaciones maestras, por lo tanto, aleaciones que comprenden partes de la posterior composición de aleación. Los materiales de partida pueden prensarse a piezas prensadas, las cuales puede utilizarse entonces para la fundición de la aleación.

La fundición de la aleación puede tener lugar mediante fusión por arco plasma (PAM plasma arc melting), refusión por arco en vacío (VAR vacuum arc remelting) o fusión por inducción en vacío (VIM vacuum induction melting) de paso único o reiterado. Al fundir la aleación de TiAl, ya se puede tener en cuenta al atomizar un posible empobrecimiento de la aleación en la fabricación y el tratamiento, por ejemplo, mediante combustión de elementos como, p. ej., aluminio, y, por lo tanto, se adecúa correspondientemente la composición de aleación, por lo tanto, por ejemplo ser provista con una mayor proporción de Al.

El polvo puede producirse mediante atomización directamente a partir de la correspondiente masa fundida o tras

nueva fundición después de una fundición intermedia de la masa fundida de un baño de fusión o de un lingote fundido intermedio. Como procedimiento, puede aplicarse la atomización por gas inerte en vacío (VIGA vacuum inert gas atomization), la atomización por guía de inducción de fusión de plasma (PIGA plasma melting induction guiding atomization) o la atomización por inducción de electrodos (EIGA electrode induction gas atomization).

- 5 El polvo puede someterse además a un proceso de purificación adicional para, por ejemplo, reducir la ocupación de oxígeno de la superficie de polvo y, por lo tanto, reducir la contaminación por oxígeno del material utilizado para la fabricación de componente, así como para reducir o apartar impurezas orgánicas y/o inorgánicas. Además, en el proceso de purificación puede tener lugar un tratamiento de la partícula de polvo en el sentido de que se prepare una forma de partícula esférica y/o se influya sobre el tamaño de la partícula (tamaño de grano). Por ejemplo, esto  
10 puede tener lugar en un proceso de purificación de plasma en el que las partículas de polvo se introducen en un plasma, de modo que se eliminen contaminaciones y la forma de superficie de la partícula se pueda aproximar a una forma esférica.

- 15 El polvo producido puede clasificarse de acuerdo con el tamaño de partícula y se pueden seleccionar una o varias fracciones de polvo para la posterior fabricación del componente. El fraccionamiento puede realizarse antes o después del proceso de purificación, siendo preferible una purificación antes del fraccionamiento, dado que mediante una purificación de plasma puede modificarse el tamaño de la partícula.

- 20 El fraccionamiento puede realizarse con diferentes procedimientos conocidos y, en particular, es posible un fraccionamiento en dos etapas, en el que, p. ej., en primer lugar, tiene lugar un prefraccionamiento por medio de una máquina centrifugadora y, a continuación, en una segunda etapa, se crea una fracción principal mediante tamizado y/o clasificación. Para la producción de un material de TiAl de grano fino pueden seleccionarse, en particular, fracciones de polvo con tamaño de partícula promedio o máximo  $\leq 125 \mu\text{m}$  en diámetro o correspondiente a la extensión máxima.

- 25 La cápsula, en la que se carga el polvo para el posterior prensado isostático en caliente puede estar producida por una chapa a partir de un material similar al del polvo, en particular, a partir del material base del polvo utilizado, por lo tanto, por ejemplo, una aleación con el mismo elemento principal. En caso de utilización de una aleación de TiAl para la fabricación del componente, la cápsula puede estar formada de titanio o una aleación de titanio con un espesor de pared con, por ejemplo, 1 a 3 mm, preferiblemente, de 2 a 3 mm.

Además, la cápsula puede estar formada por al menos dos piezas preformadas, que pueden unirse una con otra para cerrar la cápsula, por ejemplo, mediante soldadura bajo gas protector.

- 30 Las piezas preformadas de la cápsula pueden estar formadas por chapas embutidas del correspondiente material de cápsula, de modo que puede producirse de manera sencilla un contorno de la cápsula similar a la forma del componente a ser fabricado. Como ya se mencionó antes, el contorno o bien la forma de la cápsula puede estar configurada con una determinada sobremedida, la cual tiene en cuenta el cambio de forma en el posterior prensado isostático en caliente y los tratamientos térmicos, o bien permite un tratamiento posterior secundario mediante  
35 arranque de material, que da la posibilidad de generar la forma deseada exacta del componente.

La carga del polvo en la cápsula puede tener lugar bajo gas protector para, de esta forma, reducir más la carga con contaminaciones. En particular, la carga del polvo en la cápsula puede tener lugar directamente después de la purificación bajo vacío o gas protector, de modo que el polvo ya no se expone a la atmósfera circundante.

- 40 Adicionalmente, la cápsula cargada, sin embargo, todavía no cerrada – o, alternativamente, también el polvo antes de la carga en la cápsula – puede exponerse a un tratamiento térmico bajo vacío (tratamiento térmico de purificación), para llevar a cabo una purificación adicional del material en polvo mediante evaporación o bien desgasificación. Por ejemplo, el tratamiento térmico puede realizarse a una temperatura en el rango de  $200^\circ\text{C}$  a  $500^\circ\text{C}$ , preferiblemente entre  $440^\circ\text{C}$  y  $460^\circ\text{C}$  en vacío a una presión  $\leq 10^{-3}$  mbar, en particular,  $\leq 10^{-5}$  mbar por encima del polvo. Con ello, se puede reducir el contenido en oxígeno en la fabricación de un componente a partir de  
45 una aleación de TiAl en un rango  $\leq 600$  ppm.

- 50 El enfriamiento de la superficie de la cápsula con el polvo cargado después del tratamiento térmico de purificación puede realizarse bajo vacío con una velocidad de enfriamiento de  $25^\circ\text{C}/\text{min}$  a  $35^\circ\text{C}/\text{min}$ , preferiblemente, a  $30^\circ\text{C}/\text{min}$  hasta una temperatura de  $120^\circ\text{C}$  o inferior, en particular, a  $100^\circ\text{C}$ , pudiendo tener lugar a continuación el cierre de la cápsula, por ejemplo, mediante soldadura bajo gas protector. Mediante el rápido enfriamiento puede mejorarse el vacío reinante, por lo tanto, se crean presiones más bajas, de modo que la purificación del polvo puede mejorarse aún más. Por ejemplo, el vacío puede mejorarse de  $10^{-3}$  mbar a  $10^{-4}$  mbar.

Para poder controlar la contracción y la distorsión, el polvo en la cápsula puede comprimirse mediante excitación mecánica, como vibración, sacudimiento, golpeo o similares. La cápsula puede, en este caso, estar todavía abierta o cerrada, pudiendo tener lugar la compresión mecánica bajo vacío en una cápsula abierta.

- 55 La cápsula así preparada, puede prensarse isostáticamente en caliente a una temperatura en el rango de  $1100^\circ\text{C}$  a  $1400^\circ\text{C}$ , en particular,  $1150^\circ\text{C}$  a  $1300^\circ\text{C}$ , a una presión de 100 a 250 MPa durante un período de dos a seis horas, de modo que resulta un bloque de material compactado en una forma próxima a su forma final del componente.

La forma próxima a su forma final puede elegirse de modo que el componente fabricado corresponda a las necesidades de fabricación de componentes – net – shape o componentes – near – net – shape. Por ejemplo, la cápsula prensada isostáticamente en caliente puede presentar una sobremedida en comparación con el componente acabado de 0,5 mm a 5 mm, en particular, 0,5 mm o 1 mm a 2 mm (net shape) o 2 mm a 5 mm (near net shape) más, respectivamente, el correspondiente espesor de cápsula.

Después del prensado isostático en caliente, la cápsula se somete a un tratamiento térmico de varias etapas, en el que se realiza, de acuerdo con el material en polvo utilizado, un recocido de solución, un recocido de alta temperatura y un recocido de reposo, en este orden.

Con la utilización de una aleación de TiAl, se realiza un recocido de solución a una temperatura de hasta 1400° C durante 15 a 45 minutos. El recocido de alta temperatura se realiza a una temperatura de 1100° C a 1300° C y un recocido de reposo tiene lugar a una temperatura de 850° C a 1100° C durante seis a cien horas.

Las velocidades de calentamiento y/o de enfriamiento para el tratamiento térmico se pueden elegir en función del tamaño y/o la forma del componente, eligiéndose, por ejemplo, para componentes más grandes más bien velocidades de calentamiento y/o de enfriamiento más bajas, mientras que para componentes pequeños pueden realizarse velocidades de calentamiento y/o de enfriamiento más altas. Además, las velocidades de calentamiento y/o de enfriamiento pueden determinarse de modo que, si es posible, no tenga lugar una distorsión del componente.

Después del tratamiento térmico se retira la cápsula, es decir, por ejemplo, mediante decapado químico, tratamiento electroquímico, radiación con partículas, en particular, granulado plástico y/o tratamiento mecánico con arranque de virutas, como fresado o rectificado. Después, puede tener lugar el tratamiento posterior de la forma (contorno) exterior del componente mediante tratamiento mecánico con arranque de virutas, en particular, mediante fresado, rectificado, pulimento, etc. y/o tratamiento electroquímico.

Sobre el componente así fabricado pueden aplicarse diferentes capas funcionales como, por ejemplo, capas protectoras contra desgaste, capas protectoras contra corrosión, capas protectoras contra oxidación y similares.

Durante el procedimiento, el componente y/o el material, o bien la materia prima a partir de la cual está fabricado el componente, pueden caracterizarse, en particular, mediante procedimientos no destructivos como, por ejemplo, mediante difracción de rayos X.

Bajo una aleación de TiAl se entiende, de acuerdo con la presente invención, un material que presenta como elementos principales titanio y aluminio. Bajo elementos principales se entienden aquellos elementos cuya proporción en %atómico o %en peso sea el mayor, por lo tanto, en una aleación de TiAl, titanio y aluminio existen como elementos con la mayor proporción en %atómico o %en peso en la aleación. En una aleación de TiAl, que se trata de acuerdo con el presente procedimiento a un componente, puede tratarse, en particular, de una aleación de TiAl de alta aleación que, en particular, puede utilizarse para altas temperaturas, p. ej., como material de álabe para turbomáquinas. De manera correspondiente, pueden contenerse elementos químicos como niobio, molibdeno, wolframio, cobalto, cromo, vanadio, zircón, silicio, carbono, erbio, gadolinio, hafnio, itrio y boro.

### 35 Ejemplo de realización

Otras ventajas, características y particularidades de la presente invención serán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de un ejemplo de realización. No obstante, la invención no está limitada a este ejemplo de realización.

Según un ejemplo de realización, con el procedimiento de acuerdo con la invención se crea un álabe de un turbopropulsor a partir de una aleación de TiAl de alta aleación, prensándose, en primer lugar, en una primera etapa una pieza prensada a partir de polvos de los elementos individuales a ser aleados y/o de denominadas aleaciones maestras. Además, la pieza prensada puede contener esponja de titanio (etapa I de procedimiento).

A continuación (etapa II de procedimiento), la pieza prensada se separa por fusión mediante un proceso de fusión de arco plasma de paso único, de modo que resulta una masa fundida de aleación. Ésta, en primer lugar, se funde y, a continuación, en una tercera etapa de procedimiento (etapa III de procedimiento), se separa por fusión una segunda vez para la producción de polvo, para poder realizar una atomización por gas a partir del baño de fusión. La atomización por gas a partir del baño de fusión puede tener lugar mediante procedimiento de VIGA o de PIGA, debiendo crearse mediante la atomización por gas, partículas de polvo lo más esféricas posibles.

En una cuarta etapa de procedimiento (etapa IV de procedimiento), se seleccionan del polvo creado fracciones de tamaños de partícula deseadas para el tratamiento posterior, por ejemplo, fracciones de tamaños de partícula con diámetros máximos o promedios de la partícula en el rango de 15 a 150  $\mu\text{m}$  o, preferiblemente, 45 a 125  $\mu\text{m}$ . En un ejemplo de realización seleccionado, se mantiene el tamaño de partícula  $\leq 125 \mu\text{m}$  para lograr una estructura de grano fino.

En una quinta etapa de procedimiento (etapa V de procedimiento) la fracción de partícula seleccionada se alimenta en un plasma, de modo que mediante el plasma tiene lugar una purificación de la partícula de polvo y una

configuración esférica de la partícula de polvo. Mediante el plasma se reduce, por ejemplo, la ocupación de oxígeno en la superficie de polvo y la forma de superficie se aproxima a una forma esférica.

5 El polvo así purificado se carga bajo gas protector, por ejemplo, helio o argón en cápsulas de titanio (etapa VI de procedimiento), que presentan, por ejemplo, un espesor de pared de 1 a 2 mm, y están conformadas correspondientes a la forma del componente a ser fabricado, por ejemplo, por dos chapas de titanio embutidas. En el caso del material de titanio, que se utiliza para las cápsulas, se puede tratar por denominado material de titanio grado I.

10 Antes de cerrar la cápsula mediante unir soldando las partes de cápsula en la novena etapa de procedimiento, en una séptima etapa de procedimiento (etapa VII de procedimiento), se realiza otra purificación del material, al calentar la cápsula cargada con polvo, pero todavía no cerrada, bajo condiciones en vacío a una presión de  $\leq 10^{-3}$  mbar, en particular,  $\leq 10^{-5}$  mbar, a temperaturas de hasta 450° C, para evaporar impurezas mediante evaporación. De esta manera, se puede ajustar, por ejemplo, el contenido en oxígeno  $\leq 600$  ppm. Desde la temperatura de calentamiento, la cápsula todavía mantenida a vacío se puede enfriar a 120° C o 100° C, pudiendo seleccionarse una velocidad de enfriamiento de 30° C/min (etapa VIII de procedimiento).

15 En la noveno etapa de procedimiento (etapa IX de procedimiento) la cápsula se cierra mediante soldadura, de modo que en la décima etapa de procedimiento (etapa X de procedimiento), la cápsula con el polvo encerrado dentro puede prensarse isostáticamente en caliente, es decir, a una presión en el rango de 100 a 240 MPa y una temperatura en el rango de 1150° C a 1400° C durante un período de dos a seis horas.

20 Después del prensado isostático en caliente (etapa X de procedimiento), se enlaza, como decimoprimer etapa de procedimiento (etapa XI de procedimiento), un tratamiento térmico de varias etapas, con ayuda del cual puede ajustarse la microestructura del componente. En primer lugar, tiene lugar un recocido de solución a 1400° C o poco por debajo durante un período de 15 a 45 minutos. Después, se realiza un recocido de alta temperatura a 1100° C hasta 1300° C y, para terminar, tiene lugar un recocido de reposo a 850° C hasta 1100° C durante un período de seis a cien horas. Después, el componente está acabado con respecto a la estructura de material y únicamente todavía  
25 deben realizarse trabajos posteriores con respecto a la conformación del componente.

Para ello, en una decimosegunda etapa de procedimiento (etapa XII de procedimiento), se retira la cápsula, es decir, mediante decapado de la capa exterior y/o tratamiento electroquímico, radiación con partículas, en particular, partículas plásticas, y/o mediante tratamiento mecánico, como fresado, rectificado o similares.

30 En una decimotercera etapa de procedimiento (etapa XIII de procedimiento), ahora, mediante tratamiento mecánico, en particular, con arranque de virutas, se elimina el material sobrante del componente, por ejemplo, mediante fresado, rectificado, pulimiento y similares. Alternativamente, el arranque de material puede tener lugar mediante tratamiento electroquímico, de modo que se ajuste el tamaño deseado.

35 La microestructura ajustada del material se puede comprobar mediante difracción de rayos X y otros procedimientos de comprobación no destructivos. Además, se pueden separar capas necesarias en el componente, como capas protectoras contra corrosión, capas protectoras contra oxidación, capas protectoras contra desgaste y similares.

40 Aunque la presente invención se ha descrito detallada mediante el ejemplo de realización, la invención no está limitada a este ejemplo de realización, sino, más bien, se pueden realizar modificaciones en la manera que se omitan características individuales o se realicen diferentes combinaciones de características, siempre que no se aparte del alcance de protección de las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para la fabricación de un componente, en particular, un componente para una turbomáquina, a partir de una aleación de TiAl, que comprende las siguientes etapas en el orden indicado:

- producción de un polvo a partir de la aleación de TiAl,
- 5 - producción de una cápsula, cuya forma corresponda a la forma del componente a ser fabricado,
- carga del polvo en la cápsula y cierre de la misma,
- prensado isostático en caliente de la cápsula con el polvo,
- tratamiento térmico de la cápsula prensada isostáticamente en caliente, comprendiendo el tratamiento térmico en el orden indicado:
- 10 - un recocido de solución a una temperatura de hasta 1400° C durante 15 a 45 min,
- un recocido de alta temperatura a una temperatura de 1100° C a 1300° C durante 15 a 120 min y
- un recocido de reposo a una temperatura de 850° C a 1100° C durante 6 a 100 h
- retirada de la cápsula
- tratamiento posterior del contorno del componente mediante arranque de material.

15 2. Procedimiento según la reivindicación 1

caracterizado por que

la producción del polvo comprende al menos una de las siguientes etapas, preferiblemente todas las etapas en el orden indicado:

- 20 • prensado de materiales de partida o fundición de prealeaciones, que están compuestas de los componentes a ser aleados o comprenden estos,
- fundición de la aleación mediante fusión por arco plasma (PAM plasma arc melting) o refusión por arco en vacío (VAR vacuum arc remelting) o fusión por inducción en vacío (VIM),
- 25 • atomización de la aleación para la producción del polvo a partir de un baño de fusión o con ayuda de lingotes fundidos, en particular, bajo utilización de uno de los procedimientos, que comprenden la atomización por gas inerte en vacío (VIGA vacuum inert gas atomization), la atomización por guía de inducción de fusión de plasma (PIGA plasma melting induction guiding atomization), la atomización por inducción de electrodos (EIGA electrode induction gas atomization) y la atomización por electrodos de rotación de plasma (PREP plasma rotating electrode process),
- 30 • clasificación de fracciones de polvo y selección de una o más fracciones de polvo con tamaños de partícula promedios o máximos, menores o iguales a 150 µm, en particular, diámetro o extensión máxima menor o igual a 125 µm, en particular, partículas con diámetros máximos o promedios de partícula en el rango de 15 a 150 µm o, preferiblemente, 45 a 125 µm y
- purificación del polvo en un proceso de purificación por plasma.

3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores,

35 caracterizado por que

la cápsula se crea a partir de titanio o una aleación de Ti.

4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores,

caracterizado por que

40 la cápsula se crea a partir de al menos dos piezas preformadas que, en particular, se sueldan una con otra, preferiblemente bajo gas protector.

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores,

caracterizado por que

la cápsula está configurada con una sobremedida en comparación con el componente a ser fabricado.

6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores,  
caracterizado por que  
la carga del polvo tiene lugar bajo gas protector o bajo vacío.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores,  
5 caracterizado por que  
el polvo antes de la carga en la cápsula o, la cápsula cargada pero todavía no cerrada, se somete a un tratamiento térmico bajo vacío, en particular, un tratamiento térmico a una temperatura en el rango de 200° C a 500° C, preferiblemente, entre 440° C y 460° C, y una presión menor o igual a 10<sup>-3</sup> mbar, en particular, menor o igual a 10<sup>-5</sup> mbar.
- 10 8. Procedimiento según la reivindicación 7,  
caracterizado por que  
después del tratamiento térmico, el enfriamiento tiene lugar con una velocidad de enfriamiento de 25° C/min a 35° C/min, en particular, 30° C/m hasta a una temperatura de 120° C o menos, en particular, 100° C o menos.
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores,  
15 caracterizado por que  
la densidad de relleno del polvo en la cápsula antes o después del cierre se aumenta mediante excitación mecánica.
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores,  
caracterizado por que  
20 el prensado isostático en caliente tiene lugar en el rango de temperatura de 1100° C a 1400° C, en particular, 1150° C a 1300° C, a una presión de 100 a 250 MPA durante un período de 2 a 6 h.
11. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores,  
caracterizado por que  
mediante el prensado isostático en caliente se crea un componente – net – shape o un componente near – net – shape.
- 25 12. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores,  
caracterizado por que  
la retirada de la cápsula tiene lugar mediante decapado químico, tratamiento electroquímico o tratamiento mecánico.
13. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores,  
caracterizado por que  
30 el tratamiento posterior del contorno tiene lugar mediante tratamiento con arranque de virutas mecánico, en particular, fresado, y/o mediante tratamiento electroquímico.
14. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores,  
caracterizado por que  
el componente se prevé con capas funcionales adecuadas.
- 35 15. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores,  
caracterizado por que  
el componente y/o el material, a partir del que se ha fabricado el componente, se caracteriza, en particular, mediante difracción de rayos X.
16. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores,  
40 caracterizado por que



la aleación comprende uno o más constituyentes del grupo, que contiene Nb, Mo, W, Co, Cr, V, Zr, Si, C, Er, Gd, Hf, Y y B.

17. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que

5 la aleación, junto con los componentes principales Ti y Al, contiene los siguientes elementos con las proporciones indicadas y, preferiblemente – excepto impurezas inevitables – está constituida por éstos:

	W	0 a 3 en %atómico y/o
	Si	0,2 a 0,35 en %atómico y/o
	C	0 a 0,6 en %atómico y/o
10	Zr	0 a 6 en %atómico y/o
	Y	0 a 0,5 en %atómico y/o
	Hf	0 a 0,3 en %atómico y/o
	Er	0 a 0,5 en %atómico y/o
	Gd	0 a 0,5 en %atómico y/o
15	B	0 a 0,2 en %atómico y/o
	Nb	4 a 25 en %atómico y/o
	Mo	1 a 10 en %atómico y/o
	W	0,5 a 3 en %atómico y/o
	Co	0,1 a 10 en %atómico y/o
20	Cr	0,5 a 3 en %atómico y/o
	V	0,5 a 10 en %atómico y/o