

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 995 202**

51 Int. Cl.:

**C22C 19/05** (2006.01)

**C22C 1/04** (2013.01)

**C22F 1/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.07.2020 PCT/DE2020/100574**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.01.2021 WO21004579**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.07.2020 E 20739561 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.10.2024 EP 3994287**

54 Título: **Método para producir un polvo basado en una aleación a base de níquel**

30 Prioridad:

**05.07.2019 DE 102019118219**  
**26.06.2020 DE 102020116858**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**07.02.2025**

73 Titular/es:

**VDM METALS INTERNATIONAL GMBH (100.00%)**  
**Plettenberger Straße 2**  
**58791 Werdohl, DE**

72 Inventor/es:

**SCHMIDT, CHRISTINA y**  
**HECKMANN, ANDREAS**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 995 202 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 polvo basado en una aleación a base de níquel

La invención se refiere a un método para producir un polvo a partir de una aleación a base de níquel.

5 Del documento WO 2015/110668 A2 se extrae un método para producir polvos a base de hierro, los cuales se atomizan con la ayuda de una centrífuga, con las siguientes etapas del método:

- poner a disposición una aleación con un punto de fusión superior a 1040 °C,
- fundir la composición,
- atomizar la composición fundida con la ayuda de una centrífuga o un dispositivo atomizador giratorio.

10 El documento DE 10 2015 016 729 A divulga un método para producir productos semiacabados metálicos a partir de una aleación con más del 50 % de níquel, que incluye las siguientes etapas del método:

- se genera un electrodo por VIM,
- se somete el electrodo a un tratamiento térmico en un horno para reducir la tensión y el envejecimiento en el intervalo de temperatura entre 400 y 1250 °C durante un período de 10 a 336 horas,
- 15 - se enfría el electrodo al aire o en el horno, según las dimensiones, en particular según el diámetro, hasta una temperatura entre la temperatura ambiente y menos de 1.250 °C, en particular menos de 900 °C,
- se refunde a continuación el electrodo enfriado en un bloque de VAR mediante VAR a una velocidad de refundición de 3,0 a 10 kg/minuto,
- se trata el bloque de VAR térmicamente en un horno en un intervalo de temperatura entre 400 y 1250 °C durante un período de 10 a 336 horas,
- 20 - se enfría el bloque de VAR al aire o en el horno, según las dimensiones, en particular según el diámetro, hasta una temperatura entre la temperatura ambiente y menos de 1.250 °C, en particular menos de 900 °C,
- se refunde de nuevo el bloque de VAR a una velocidad de refundición de 3,0 a 10 kg/minuto,
- se somete el bloque de VAR refundido a un tratamiento térmico en el intervalo de temperatura entre 400 y 1250 °C durante un período de 10 a 336 horas,
- 25 - a continuación, se lleva el bloque de VAR a la forma y dimensiones deseadas del producto mediante conformado en caliente y/o en frío.

Mediante el documento EP 1 377 690 B1 se ha dado a conocer un método para producir una superaleación a base de níquel que está esencialmente libre de segregación positiva y negativa, comprendiendo el método lo siguiente:

- verter en un molde de vertido una aleación que es una superaleación a base de níquel;
- 30 - recocer y envejecer la aleación calentando la aleación a un mínimo de 1200 °F (649 °C) durante un período de al menos 10 horas;
- refundir la aleación con electroescoria a una velocidad de fusión de al menos 8 libras/min (3,63 kg/min);
- colocar la aleación en un horno de calentamiento dentro de las 4 horas posteriores a la solidificación completa;
- mantener la aleación en el horno de calentamiento a una primera temperatura de 600 °C (316 °C) a 1800 °F (982 °C) durante un período de al menos 10 horas;
- 35 - aumentar la temperatura del horno desde la primera temperatura hasta una segunda temperatura de al menos 2125 °C (1163 °C) de tal manera que se eviten tensiones térmicas dentro de la aleación;
- mantener a la segunda temperatura durante al menos 10 horas;
- refundir por arco al vacío un electrodo de VAR de la aleación a una velocidad de fusión de 8 a 11 lbs/min (3,63 a 5 kg/min) para producir un bloque de VAR.
- 40

Es bien sabido que las aleaciones de Ni y Ni-Co se utilizan para fabricar piezas con propiedades especiales en términos de resistencia a la corrosión y buenas propiedades mecánicas como resistencia, resistencia a altas temperaturas y tenacidad a la fractura.

## ES 2 995 202 T3

5 La invención se basa en el objetivo de proporcionar un método para producir un polvo para la fabricación aditiva de componentes que presente las propiedades ventajosas de las aleaciones de Ni y Ni-Co y de producción económica. Además, si es necesario, el polvo descrito anteriormente se puede usar para producir piezas mediante prensado isostático en caliente (HIP) o procesos convencionales de sinterización y extrusión. También es posible la combinación de métodos de fabricación aditiva y posterior tratamiento de HIP. Las etapas de posprocesamiento para piezas de HIP que se describen a continuación se pueden aplicar para la fabricación generativa. Es importante cumplir con los requisitos especiales de distribución del tamaño de las partículas, forma de las partículas y fluidez del polvo.

Este objetivo se resuelve mediante un método para producir un polvo a partir de una aleación a base de níquel, definiéndose los contenidos (en % en peso) como sigue:

C	máx. 0,5 %
S	máx. 0,15 %, en particular máx. 0,03 %.
N	máx. 0,25 %
Cr	14 – 35 %, en particular 17 – 28 %
Ni	resto (>38 %)
Mn	máximo 4 %
Si	máx. 1,5 %
Mo	> 0 - 22 %
Ti	≤ 4 %, en particular ≤ 3,25 %
Nb	hasta 6,0 %
Cu	hasta 3 %, en particular hasta 0,5 %
Fe	≤ 50 %
P	máx. 0,05%, en particular máx. 0,04 %
Al	hasta 3,15 %, en particular hasta 2,5 %
Mg	máx. 0,015%
V	máx. 0,6 %
Zr	máx. 0,12 %, en particular máx. 0,1 %
W	hasta 4,5 %, en particular hasta máximo 3 %
Co	hasta 28 %
B	≤ 0,125 %
O	> 0,00001 - 0,1 %

10

e impurezas relacionadas con la producción,

en donde:

$$\text{Ni} + \text{Fe} + \text{Co} \quad 56 - 80 \%$$

$$\text{Nb} + \text{Ta} \quad \leq 6,0\%$$

- 15
- fundiendo una aleación en un horno de VIM,
  - manteniendo la masa fundida líquida durante 5 minutos a 2 horas para su homogeneización,
  - ajustando un sistema de atomización cerrado con un gas alimentado a un punto de rocío de -10 °C a 120 °C,
  - soplando la masa fundida a través de una boquilla en una corriente de gas con un caudal de gas de 2 qm<sup>3</sup>/min hasta 150 qm<sup>3</sup>,
- 20
- recogiendo las partículas de polvo solidificadas en un recipiente hermético a los gases, en donde
  - las partículas tienen un tamaño de partícula de 5 μm a 250 μm,

## ES 2 995 202 T3

- las partículas del polvo son esféricas,
  - el polvo presenta inclusiones de gas de 0,0 a 4 % del área de los poros (poros > 1 µm) en relación con el área total de los objetos evaluados,
  - el polvo tiene una densidad aparente de 2, hasta la densidad de la aleación de aproximadamente 8 g/cm<sup>3</sup>,
- 5 – el polvo se envasa herméticamente bajo una atmósfera de gas protector argón.

Ventajosamente, la aleación en polvo debería presentar la siguiente composición (en % en peso):

C	máx. 0,25 %
S	máx. 0,03 %
N	>0 - 0,15 %
Cr	17 – 28 %, en particular 17 – 24 %
Ni	Resto (38 -72 %)
Mn	máx. 2 %, en particular máx. 1 %
Si	máx. 1,2%, en particular ≤ 0,5 %
Mo	> 0 - 21, en particular 2,5 – 21 %
Ti	> 0 - < 3,25 %
Nb	> 0 - 5,5 %
Cu	máx. 3%, en particular hasta 0,5 %
Fe	> 0 - 38 %
P	máx. 0,04 %
Al	>0 - 0,8 %
Mg	máx. 0,015 %
V	máx. 0,4 %
Zr	máx. 0,1 %
W	hasta 0,5 %
Co	≤ 10 %
B	≤ 0,01 %
Pb	máx. 0,001 %, en particular máx. 0,0005 %.
Se	máx. 0,0005%, en particular máx. 0,0003 %
Bi	máx. 0,00005 %, en particular máx. 0,00003 %
O	> 0,00001 - 0,1 %
Nb + Ta	>0 - 5,5 %

e impurezas relacionadas con la producción,

en donde:

10 Ni + Fe + Co 57 – 77 %.

## ES 2 995 202 T3

También existe la posibilidad de que la aleación en polvo esté compuesta para aplicaciones específicas de la siguiente manera:

C	>0 - 0,1 %, en particular >0 - 0,08 %
S	máx. 0,015 %
N	>0 - 0,03 %
Cr	17-24 %
Ni	Resto (> 50 – 63 %)
Mn	máx. 1,0%, en particular máx. 0,5 %
Si	máx. 0,5 %
Mo	2,8 - 16,5 %
Ti	>0 - 1,15 %
Nb	> 0 - ≤ 5,5 %
Cu	máx. 0,5 %
Fe	> 0 - 25 %
P	máx. 0,015 %
Al	0,1 - 0,6 %
Mg	máx. 0,015 %
V	máx. 0,2 %
Zr	máx. 0,1 %
W	hasta 0,2 % en particular >0 - 0,2 %
Co	≤ 2,5 %, en particular ≤ 1,0 %
B	≤ 0,01 %
Pb	máx. 0,001%, en particular máx. 0,0005 %.
Se	máx. 0,0005 %, en particular máx. 0,0003 %
Bi	máx. 0,0005%, en particular máx. 0,0003 %
O	> 0,00001 - 0,1 %
Nb + Ta	>0 - 5,5 %
Al + Ti	< 1,2 %

e impurezas relacionadas con la producción,

5 en donde:

Ni + Fe + Co 59 – 72 %.

Son posibles las siguientes etapas iniciales de fabricación:

- 10 - se genera un bloque de aleación maestra con un análisis químico definido mediante fusión en el horno de VIM, VIM/ESU, VIM/ESU/VAR, VIM/VAR, VOD o VLF con, si es necesario, refundición posterior en ESU y/o VAR dependiendo de los requisitos de pureza del material,
- se divide un bloque de aleación maestra en trozos pequeños mediante aserrado.
- se funden los trozos de la aleación maestra en un horno de VIM, o
- se funden los elementos de aleación de un peso definido en un VIM correspondientemente a su análisis químico, o
- 15 - la combinación entre material de aleación maestra, desechos relacionados con el proceso (incluidos desechos de clientes, como polvos reciclados, así como estructuras de soporte o piezas defectuosas), así como nuevos

elementos de aleación en una proporción de 0 a 100 %. En cada caso se considera la proporción exacta, teniendo en cuenta aspectos cualitativos, económicos y ecológicos. Puede resultar ventajoso si el bloque de aleación madre se somete a un procesamiento superficial (por ejemplo, mediante cepillado, esmerilado, decapado, corte, pelado, etc.) antes del troceado. Aquí se pueden retirar defectos que no pueden eliminarse mediante otra refundición y que pueden ser perjudiciales para aplicaciones posteriores. Además, el uso de posibles aleaciones maestras conlleva el cumplimiento de los más altos estándares de calidad para la pureza química del polvo, que sólo pueden garantizarse mediante procesos previos de refundición,

- 5
- se mantiene la masa fundida líquida durante 5 minutos a 2 horas para homogeneización.

A las etapas de fabricación iniciales alternativas pueden seguir las siguientes etapas de procesamiento adicionales:

- 10
- se ajusta el sistema de atomización cerrado con gas argón a un punto de rocío de -10 °C a -120 °C, preferiblemente en el intervalo de -30 °C a -100 °C,
  - se sopla la masa fundida a través de una boquilla en una corriente de gas argón con un caudal de gas de 2 qm<sup>3</sup>/min hasta 150 m<sup>3</sup>/min,
  - se recogen las partículas de polvo solidificadas en un recipiente hermético a los gases,
- 15
- las partículas tienen un tamaño de partícula de 5 µm a 250 µm, encontrándose los intervalos preferidos entre 5 y 150 µm o 10 y 150 µm,
  - las partículas del polvo son esféricas,
  - el polvo presenta inclusiones de gas de 0,0 a 4 % del área de los poros (poros > 1 µm) en relación al área total de los objetos evaluados, siendo los intervalos preferidos de 0,0 a 2 %. La cantidad de inclusiones de gas en el polvo permite una baja porosidad residual en las piezas producidas,
- 20
- el polvo tiene una densidad aparente de 2 hasta la densidad de la aleación de aproximadamente 8 g/cm<sup>3</sup>, encontrándose los intervalos preferidos de 4 a 5 g/cm<sup>3</sup>,
  - el polvo se envasa herméticamente bajo una atmósfera de gas protector con argón.

25 El polvo se produce preferiblemente en un sistema de atomización con gas inerte al vacío (VIGA en inglés). En este sistema, la aleación se funde en un horno de fusión por inducción al vacío (VIM en inglés) y se lleva a un embudo de vertido, que conduce a una boquilla de gas en la que el metal fundido se atomiza en partículas metálicas a alta presión de 5 a 100 bar con gas inerte. La masa fundida se calienta en el crisol a entre 5 y 400 °C por encima del punto de fusión. El caudal de metal durante la atomización asciende a 0,5 a 80 kg/min y el caudal de gas a 2 a 150 m<sup>3</sup>/min. Debido al rápido enfriamiento, las partículas de metal se solidifican en formas esféricas (partículas esféricas). El gas inerte usado durante la atomización puede contener entre un 0,01 y un 100 % de nitrógeno, si es necesario. Luego se separa la fase gaseosa del polvo en un ciclón y a continuación se envasa el polvo.

30 Como alternativa, el polvo se puede producir mediante el llamado método de EIGA en lugar de VIGA. Un bloque de aleación prefabricado en forma de electrodo giratorio se funde sin contacto mediante una bobina de inducción. La masa fundida gotea desde el electrodo directamente a la corriente de gas de una boquilla de gas.

35 El bloque de aleación para EIGA puede, a su vez, producirse mediante los métodos de fusión VIM, ESU, VAR, VOD o VLF y sus combinaciones y, opcionalmente, pasarse por procesos de conformado en caliente, como forjado y laminado. Es ventajoso limpiar la superficie del bloque tratándolo tal como con lijado y/o pelado antes de utilizarlo en el método de EIGA.

40 El gas inerte en la producción de polvo puede ser, opcionalmente, argón o una mezcla de argón con 0,01 hasta 100 % de nitrógeno. Las posibles restricciones sobre el contenido de nitrógeno pueden ser:

- 0,01 hasta 80 %
- 0,01 hasta 50 %
- 0,01 hasta 30 %
- 0,01 hasta 20 %
- 45 0,01 hasta 10 %
- 0,01 hasta 10 %
- 0,1 hasta 5 %

0,5 hasta 10 %

1 hasta 5 %

2 hasta 3 %

Como alternativa, el gas inerte puede ser, opcionalmente, helio.

- 5 Preferiblemente, el gas inerte puede tener una pureza de al menos 99,996 % en volumen. En particular, el contenido de nitrógeno debería ser de 0,0 hasta 10 ppmv, el contenido de oxígeno de 0,0 hasta 4 ppmv y el contenido de H<sub>2</sub>O de ≤ 5 ppmv.

- 10 En particular, el gas inerte puede tener preferiblemente una pureza de al menos 99,999 % en volumen. En particular, el contenido de nitrógeno debería ser de 0,0 hasta 5 ppmv, el contenido de oxígeno debería ser de 0,0 hasta 2 ppmv y el contenido de H<sub>2</sub>O de ≤ 3 ppmv. El punto de rocío en el sistema se encuentra en el intervalo de -10 a -120 °C. Preferiblemente se encuentra en el intervalo de -30 a -100 °C.

La presión durante la atomización del polvo puede ascender preferiblemente a 10 a 80 bares.

- 15 Las piezas y componentes o capas de piezas y componentes producidos mediante fabricación aditiva están compuestos de espesores de capa de 5 a 500 µm y tienen, inmediatamente después de la producción, una estructura texturizada con granos alargados en la dirección de avance y un tamaño medio de grano de 2 µm hasta 1000 µm. El intervalo preferido se encuentra entre 5 µm y 500 µm.

- 20 Las piezas y componentes o capas de piezas y componentes producidos mediante fabricación aditiva se pueden someter opcionalmente a recocido por solución en el intervalo de temperaturas de 700 °C a 1250 °C durante 0,1 min hasta 70 h, si es necesario bajo gas protector, como por ejemplo argón o hidrógeno, seguido de enfriamiento al aire, en atmósfera de recocido en movimiento o en un baño de agua. Después, la superficie se puede limpiar o procesar opcionalmente mediante decapado, granallado, rectificado, torneado, pelado y fresado. Puede tener lugar opcionalmente un procesamiento de este tipo parcial o completamente justo antes del recocido.

- 25 Las piezas y componentes o capas de piezas y componentes producidos mediante fabricación aditiva pueden someterse opcionalmente a recocido de homogeneización, alivio de tensiones, solución y/o endurecimiento por precipitación. Los tratamientos térmicos pueden realizarse, si es necesario, bajo gas protector como por ejemplo argón o hidrógeno, seguido de enfriamiento en el horno, si es necesario, bajo gas protector, al aire, en una atmósfera de recocido en movimiento o en un baño de agua.

- 30 Las piezas y componentes o capas de piezas y componentes producidos mediante fabricación aditiva tienen un tamaño de grano medio de 2 µm hasta 2000 µm después del recocido. El intervalo preferido se encuentra entre 20 µm y 500 µm.

Las piezas y componentes, o capas de piezas y componentes, producidos mediante fabricación aditiva a partir del polvo generado según la invención deberían utilizarse preferiblemente en áreas en las que el material también se usa como aleación forjada o colada con análisis relacionados.

- 35 Se entienden por fabricación aditiva también términos como fabricación generativa, tecnología rápida, herramientas rápidas, creación rápida de prototipos o similares.

Se diferencian aquí en general:

Impresión 3D con polvos,

Sinterización selectiva por láser y

Fusión láser selectiva

- 40 Soldadura por deposición láser

Soldadura selectiva por haz de electrones.

Las abreviaturas usadas aquí se definen de la siguiente manera:

VIM fusión por inducción al vacío

VIGA sistema de atomización de gas inerte al vacío.

- 45 VAR refundición por arco al vacío

VOD descaburización de oxígeno al vacío

VLF horno de cuchara al vacío

EIGA atomización de gas de fusión por inducción de electrodos

De las reivindicaciones dependientes se pueden extraer perfeccionamientos ventajosos del método según la invención.

5 El intervalo de dispersión para el tamaño de partícula del polvo se encuentra entre 5 y 250  $\mu\text{m}$ , encontrándose los intervalos preferidos entre 5 y 150  $\mu\text{m}$  o 10 y 150  $\mu\text{m}$ .

El polvo tiene inclusiones de gas de 0,0 hasta 4 % del área de los poros (poros > 1  $\mu\text{m}$ ) en relación al área total de los objetos evaluados, encontrándose los intervalos preferidos de:

0,0 hasta 2 %

10 0,0 hasta 0,5 %

0,0 hasta 0,2 %

0,0 hasta 0,1 %

0,0 hasta 0,05 %

15 El polvo tiene una densidad aparente de 2 hasta la densidad de la aleación de aproximadamente 8  $\text{g}/\text{cm}^3$ , en donde los intervalos preferidos pueden encontrarse en los siguientes valores.

4-5  $\text{g}/\text{cm}^3$

2-8  $\text{g}/\text{cm}^3$

2-7  $\text{g}/\text{cm}^3$

3-6  $\text{g}/\text{cm}^3$

20 La cantidad de inclusiones de gas en el polvo permite una baja porosidad residual en las piezas producidas.

En comparación con el estado de la técnica, se prescinde del método de centrifugación, optimizando así el tiempo de funcionamiento del sistema. Los posteriores procesos de refinado optimizan la calidad del polvo para la fabricación aditiva.

25 Puede ser ventajoso si el bloque se somete a un tratamiento superficial (por ejemplo, cepillado, esmerilado, decapado, separado, pelado, etc.). Aquí se pueden retirar defectos que no pueden eliminarse mediante otra refundición y que pueden ser perjudiciales para aplicaciones posteriores.

El método según la invención se puede aplicar a cualquier aleación a base de Ni o Ni-Co.

A continuación se presenta una composición de aleación que se puede generar en forma de polvo mediante los parámetros del método según la invención. Todos los datos están en % en peso:

C	máx. 0,5 %
S	máx. 0,150 %, en particular máx. 0,03 %
Cr	17-32 %, en particular 17 – 26 %
Ni	45-72 %, en particular 45 – 71 %
Mn	máx. 1 %
Si	máx. 1 %
Mo	> 0-10 %
Ti	máx. 3,25 %, en particular máx. 2,7 %
Nb	máximo 5,5 %
Cu	máx. 5 %, en particular máx. 0,5 %
Fe	máximo 25 %
Al	máx. 3,15 %, en particular máx. 2,5 %
V	máx. 0,6 %

## ES 2 995 202 T3

Zr	máx. 0,12 %, en particular máx. 0,1 %
Co	máx. 28 %
O	0,00001-0,1 %

e impurezas relacionadas con la producción.

Además, pueden estar presentes los siguientes elementos (datos en % en peso):

Nb + Ta	máx. 6 %
B	máx. 0,02 %, en particular máx. 0,006 %
S	máx. 0,0005 %
Bi	máx. 0,00005 %
Pb	máx. 0,002 %
P	máx. 0,03%, en particular máx. 0,02 %

5 Ventajosamente, los siguientes elementos pueden ajustarse como sigue (datos en % en peso):

C	0,015 - 0,5 %, en particular 0,015 - 0,2 %
S	máx. 0,1 %, en particular máx. 0,02 %
Cr	17-25 %
Ni	45-58 %
Mn	máx. 0,6 %
Si	máx. 0,4 %
Mo	0-6,1 %
Ti	0,1-2,7 %
Al	máx. 1,7 %
Co	máximo 13 %

Para mejorar las propiedades mecánicas, los elementos boro y carbono también se pueden ajustar de la siguiente manera:

C	0,015 - 0,5 %
B	0,006 - 0,125 %

10 También es ventajoso que la suma C + B se encuentre entre 0,1875 y 0,530 %, entre 0,156 y 0,625 %, en particular en el intervalo de 0,16 y 0,6 %, en particular en el intervalo de 0,1875 y 0,530 % y que la proporción de C/B se encuentre entre 12 y 18.

A continuación se presenta un ejemplo de un polvo de una aleación de Ni a base de la aleación 718 (datos en % en peso):

C	máx. 0,08 %
S	máx. 0,015 %
Cr	17-21 %
Ni	50-55 %
Mn	máx. 0,35 %
Si	máx. 0,35 %

## ES 2 995 202 T3

Mo	2,8-3,3 %
Ti	0,65-1,15 %
Nb	4,75-5,5 %
Cu	máx. 0,3 %
Fe	6-25 %
P	máx. 0,015 %
Al	0,2-0,8 %
Co	máx. 1%
B	máx. 0,006 %
Ta	máx. 0,05 %
O	0,00001-0,1 %
Pb	máx. 0,001 %, en particular máx. 0,0005 %
Se	máx. 0,0005 %, en particular máx. 0,0003 %
Bi	máx. 0,00005 %, en particular máx. 0,00003 %

Como alternativa, esta aleación también puede presentar mayores contenidos de Ni (datos en % en peso).

C	máx. 0,1 %
S	máx. 0,03 %, en particular máx. 0,02 %
Cr	17-32 %, en particular 17 – 30 %
Ni	58-79, en particular 58 – 72 %
Nb	máx. 4,1%, en particular máx. 0,6 %
Fe	máx. 18 %
C	máx. 0,1 %
S	máx. 0,02 %
Mn	máx. 1 %
Si	máx. 1 %
Mo	> 0-10 %
Ti	máx. 3,25%, en particular máx. 2,7 %
Cu	máx. 0,5 %
Al	máx. 3,15 %
V	máx. 0,6 %
Zr	máx. 0,1 %
Co	máx. 15 %, en particular máx. 7 %
O	0,00001-0,1 %

y, si es necesario, opcionalmente (datos en % en peso):

B	máx. 0,008 %, en particular máx. 0,006 %
Se	máx. 0,0005 %
Bi	máx. 0,00005 %
Pb	máx. 0,002 %
P	máx. 0,03 %, en particular máx. 0,02 %

## ES 2 995 202 T3

Se pueden concebir restricciones adicionales como sigue (en % en peso):

C	0,01-0,04 %
Mn	máx. 0,5 %
Si	máx. 0,5 %
Cu	máx. 0,2 %

Así como opcionalmente (datos en % en peso):

Mo	8-10 %
----	--------

5

Opcionalmente, el contenido de oxígeno de la aleación generada puede encontrarse a 0,00001 - 0,1 %, 0,0001 - 0,1 %, 0,001 - 0,1 %, 0,001 - 0,002% o 0,0015 - 0,002 %.

Opcionalmente, el contenido de oxígeno también se puede ajustar de la siguiente manera:

- 0,00001 - 0,1
- 10 - 0,00002 - 0,1
- 0,00005 - 0,1
- 0,00008 - 0,1
- 0,0001 - 0,1
- 0,0002 - 0,1
- 15 - 0,0005 - 0,1
- 0,0008 - 0,1
- 0,001 - 0,1
- 0,002 - 0,1
- 0,005 - 0,1
- 20 - 0,008 - 0,1
- 0,010 - 0,1
- 0,00001 - 0,10
- 0,00001 - 0,08
- 0,00001 - 0,05
- 25 - 0,00001 - 0,03
- 0,00001 - 0,02

El nitrógeno debe ser menor o igual a 0,100 % para garantizar la capacidad de producción y usabilidad de la aleación. Un contenido demasiado alto de nitrógeno conduce a la formación de nitruros, que afectan negativamente a las propiedades de la aleación. Un contenido demasiado bajo de nitrógeno aumenta los costes. Por tanto, el contenido de nitrógeno es  $\geq 0,00001\%$ . Son concebibles las siguientes restricciones sobre el contenido de nitrógeno:

30

- 0,00001 - 0,1
- 0,00002 - 0,1
- 0,00005 - 0,1
- 0,00008 - 0,1

## ES 2 995 202 T3

- 0,0001 - 0,1
- 0,0002 - 0,1
- 0,0005 - 0,1
- 0,0008 - 0,1
- 5 - 0,001 - 0,1
- 0,002 - 0,1
- 0,005 - 0,1
- 0,008 - 0,1
- 0,010 - 0,1
- 10 - 0,00001 - 0,10
- 0,00001 - 0,08
- 0,00001 - 0,05
- 0,00001 - 0,03
- 0,00001 - 0,02
- 15 Tanto en el polvo como en los componentes fabricados (muestras impresas en 3D), los tamaños de partícula tanto de nitruros como de carburos y/o carbonitruros son muy pequeños (aproximadamente  $<8 \mu\text{m}$ ). En algunos casos, es posible que las partículas anteriormente citadas no estén presentes o que solo se vuelvan visibles después del tratamiento térmico. Los tamaños de partícula pequeños de los precipitados que contienen N tienen un efecto positivo sobre las propiedades a alta temperatura y la resistencia a la carga alterna (Fatiga de ciclo bajo - LCF), ya que los precipitados que contienen N actúan como puntos de inicio de grietas en aleaciones producidas convencionalmente.
- 20 El contenido de argón debe ser menor o igual a 0,08 % para garantizar la capacidad de fabricación y usabilidad de la aleación. El argón no se puede disolver en la matriz y, por lo que puede influir negativamente en las propiedades mecánicas de la pieza, ya que las inclusiones de argón pueden actuar como punto de inicio de grietas. Si el contenido de argón es demasiado bajo, se elevan los costes. Por tanto, el contenido de argón es  $\geq 0,0000001 \%$  ( $\geq 1 \text{ ppb}$ ). Son posibles las siguientes restricciones en cuanto al contenido de argón, incluido el contenido de argón tanto de la producción de polvo como de la producción de piezas:
- 25 - 0,0000001 - 0,05
- 0,0000002 - 0,05
- 0,0000001 - 0,005
- 30 - 0,0000001 - 0,002
- 0,0000001 - 0,001
- El método según la invención debería utilizarse preferiblemente para las siguientes aleaciones:
- Aleación 601
- Aleación 602 CA y su variante MCA
- 35 - Aleación 2120 MoN
- Aleación B2
- Aleación C 276
- Crofer 22 APU
- Crofer 22 H
- 40 La Tabla 1 muestra intervalos de análisis ejemplares para las aleaciones anteriormente citadas.

Tabla 1

	Aleación 601	Aleación 602 CAMCA	FM 602	Aleación 617 (B/OCC)	FM 617	Aleación 625	FM 625	Aleación 690	Aleación 699XA
C	0,03-0,1	0,15-0,25	0,15-0,25	0,05-0,08	0,05-0,15	-0,03	-0,1	-0,05	0,005-0,12
S	-0,015	-0,01		-0,008		-0,01		-0,015	-0,01
N									-0,05
Cr	21-25	24-26	24-26	21-23	20-24	21-23	20-23	27-31	26-30
Ni	58-63	59-66	59-66	45-58	50-61	58-71	58-71	58-66	62-72
Mn	-1	-0,5	-0,5	-0,5	-1	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
Si	-0,5	-0,5	-0,5	-0,3	-1	-0,4	-0,5	-0,5	-0,5
Mo				8-10	8-10	8-10	8-10		
Ti	0,5	0,1-0,2	0,1-0,2	0,25-0,5	-0,6	-0,4	-0,4		-0,6
Nb				-0,6			3-4,1		-0,5
Cu	-0,5	0,1	-0,1		-0,5		-0,5	-0,5	-0,5
Fe	-18	8-11	8-11	-1,5	-3	-5	-5	7-11	-2,5
P	-0,02	-0,02		-0,012	-0,03	-0,01			-0,02
Al	1-1,7	1,8-2,4	1,8-2,4	0,8-1,3	0,8-1,5	-0,4	-0,4		2-3
Mg									
Ca									
V				-0,6					
Zr		0,01-0,1	0,01-0,1						-0,1
W					-0,5				
Co			-1	11-13	10-15	-1			
B	-0,006			0,001-0,005					-0,008
Ni + Co									
Nb + Ta			3,2-3,8			3,2-3,8	3,2-3,8		
Elementos adicionales									

## ES 2 995 202 T3

- Aleación 617 y sus variantes 617 B y 617 OCC
- Aleación 625
- Aleación 690
- Aleación 699XA
- 5 - Aleación 718 y sus variantes.
- Aleación 780
- Aleación 788
- Aleación 80A
- Aleación 81
- 10 - Aleación X-750
- Aleación C-263
- Aleación K-500
- Waspaloy
- FM 625
- 15 - FM 617 así como
- FM 602
- Aleación 31
- Aleación 31 Plus
- Aleación 25
- 20 - Aleación 28
- Aleación 33
- Aleación 59
- Aleación 188
- Aleación 310 L
- 25 - Aleación 330
- Aleación 333
- Aleación 400
- Aleación 600 + 600 L
- Aleación 800 + 800 H, HP, L
- 30 - Aleación 825 + 825 CTP
- Aleación 925
- Aleación 926

	Aleación 718	Aleación 718 CTP	718 FM 718	Aleación 780	Aleación 788	Waspaloy	Aleación C- 263	Aleación 80A	Aleación 81
C	-0,08	-0,045	-0,08	-0,1	0,04-0,1	0,02-0,1	0,04-0,08	0,04-0,1	-0,08
S	-0,015	-0,01		-0,015	-0,01	-0,03	-0,007	-0,015	-0,02
N				-0,03					
Cr	17-21	17-21	17-21	16-20	18-21	18-21	19-21	18-21	28-32
Ni	50-55	50-55	50-55	26-62	51-69	49,6-62,5	50-55	65-79	59-66
Mn	-0,35	-0,35	-0,3	-0,5	-1	-1	-0,6	-1	-0,7
Si	-0,35	-0,35	-0,3	-0,3	-0,5	-0,75	-0,4	-1	-0,7
Mo	2,8-3,3	2,8-3,3	2,8-3,3	2-4		3,5-5	5,6-6,1		-0,5
Ti	0,65-1,15	0,8-1,15	0,7-1,1	0,1-1	1,8-2,7	2,75-3,25	1,9-2,4	1,8-2,7	1,5-2,1
Nb	4,75-5,5	Nb+Ta	4,8-5,5						
Cu	-0,3	-0,23	-0,3	-0,5	-0,2	-0,5	-0,2	-0,2	-0,25
Fe	6-25	12-24	-24	-10	8-15	-2	-0,7	-1,5	-1,5
P	-0,015	-0,01	-0,015	-0,03	-0,02	-0,03	-0,015		
Al	0,2-0,8	0,4-0,6	0,2-0,8	1-3	1-1,8	1,2-1,6	0,3-0,6	1-1,8	-1,2
Mg				-0,01					-1
Ca				-0,01					
V									
Zr				-0,05		0,02-0,12			0,01-0,1
W									
Co	-1	-1		15-28	3-7	12-15	19-21		01.Mrz
B	-0,006	-0,006	-0,006	-0,02	-0,008	0,003-0,01	-0,005		-0,006
Ni + Co									
Nb + Ta		4,87-5,2		4-6					
Elementos adicionales									

	Aleación K-500	Aleación X-750	Aleación Plus®	31	Aleación 28	Aleación 31	Aleación 33	Aleación 59	Aleación 188
C									
S	-0,18	-0,08	≤ 0,01		< 0,015	≤ 0,015	≤ 0,015	≤ 0,01	0,05 a 0,15
N	-0,01	-0,01	≤ 0,01		≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,015
Cr			0,1 a 0,25		0,04 a 0,07	0,15 a 0,25	0,35 a 0,6		
Ni		14-17	26,0 a 27,0		26 a 28	26 a 28	31 a 35	22 a 24	20 a 24
Mn	63-70	70-77,5	33,5 a 35,0		30 a 32	30 a 32	30 a 33	57 a 63	20 a 24
Si	-1,5	-1	1,0 a 4,0		≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 0,5	≤ 1,25
Mo	-0,5	-0,5	≤ 0,10		≤ 0,7	≤ 0,3	≤ 0,5	≤ 0,1	0,2 a 0,4
Ti			6,0 a 7,0		3 a 4	6 a 7	0,5 a 2	15 a 16,5	
Nb	0,35-0,85	2,25-2,75							
Cu		0,7-1,2							
Fe	27-33	-0,5	0,5 a 1,5		1 a 1,4	1 a 1,4	0,3 a 1,2	50,5	
P	0,5-2	5-9	22,5 al 33,5		32 a 40	29 a 37	26 a 38	≤ 1,5	≤ 3
Al	-0,02		≤ 0,02		≤ 0,02	≤ 0,02	≤ 0,02	≤ 0,015	≤ 0,015
Mg	2,3-3,15	0,4-1	≤ 0,3					0,1 a 0,4	≤ 0,2
Ca									
V									
Zr									
W									
Co									13 a 16
B		-1						≤ 0,3	
Ni + Co									≤ 0,01
Nb + Ta									
Elementos adicionales		0,7-1,2							

	Aleación 310 L	Aleación 330	Aleación 333	Aleación 400	Aleación 600	Aleación 600 L	Aleación 800	Aleación 800 H	Aleación 800 HP
C									
S	≤ 0,02	≤ 0,15	0,03 a 0,06	≤ 0,15	0,05 a 0,1	≤ 0,025	≤ 0,1	0,06 a 0,10	0,06 a 0,1
N	≤ 0,005	≤ 0,015		≤ 0,02	≤ 0,015	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01
Cr									
Ni	24 a 25	15 a 17	24 a 26		14 a 17	14 a 17	19,0 a 21,5	19 a 21	19 a 22
Mn	20 a 21	33 a 37	44 a 47	≥ 63	≥ 72	≥ 72	30,0 a 32,0	30 a 32	30 a 32
Si	≤ 1	≤ 2	1,2 a 2	≤ 2	≤ 1	≤ 1	0,5 a 1,0	0,5 a 1	0,5 a 1
Mo	≤ 0,15	1 a 2	0,8 a 1,2	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5	0,2 a 0,6	0,2 a 0,6	0,2 a 0,6
Ti	≤ 0,1		2,5 a 3,5						
Nb			0,1 a 0,2		≤ 0,3	≤ 0,3	0,20 a 0,5	0,2 a 0,6	0,3 a 0,6
Cu									
Fe			≤ 0,5	28 a 34	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5
P		42 a 51	13 a 22	1 a 2,5	6 a 10	6 a 10	41 a 47	43 a 50	43 a 50
Al	≤ 0,02	≤ 0,045			≤ 0,02	≤ 0,015	≤ 0,015	≤ 0,015	≤ 0,015
Mg				≤ 0,5	≤ 0,3	≤ 0,3	0,20 a 0,40	0,2 a 0,6	0,3 a 0,6
Ca									
V									
Zr									
W									
Co			2,5 a 3,5						
B			2,5 a 3,5						
Ni + Co						≤ 0,006			
Nb + Ta									
Elementos adicionales									
							Al + Ti máx. 1,0 %	Al + Ti máx. 0,7 %	Al + Ti 0,85 % - 1,2 %

	Aleación 800 L	Aleación 825	Aleación 825 CTP	Aleación 925	Aleación 926	Aleación 2120 MoN	Aleación B-2
C							
S	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,015	≤ 0,03	≤ 0,020	≤ 0,01	≤ 0,01
N	≤ 0,01	≤ 0,015	≤ 0,005	≤ 0,03	≤ 0,010	≤ 0,01	≤ 0,01
Cr			≤ 0,03		0,15 a 0,25	0,02 a 0,15	
Ni	20 a 22	19,5 a 23,5	21 a 23	19,5 a 22,5	20,0 a 21,0	20,0 a 23,0	0,4 a 1
Mn	32 a 34	38 a 46	39 a 43	42 a 46	24,00 a 26,00	58	64 a 72
Si	0,5 a 1	≤ 1	0,5 a 0,9	≤ 1	51,00	≤ 0,50	≤ 1
Mo	≤ 0,7	≤ 0,5	0,2 a 0,5	≤ 0,5	≤ 0,50	≤ 0,1	≤ 0,08
Ti		2,5 a 3,5	4,5 a 6,5	2,5 a 3,5	6,0 a 7,0	18,5 a 21,0	26 a 30
Nb	0,35 a 0,6	0,6 a 1,2		1,9 a 2,4			
Cu			≤ 0,15	≤ 0,5			
Fe	≤ 0,5	1,5 a 3	1,6 a 2,3	1,5 a 3	0,5 a 1,5	≤ 0,5	≤ 0,5
P	41 a 47	20 a 38	20 a 38	≥ 22		≤ 1,5	1,6 a 2
Al	≤ 0,015	≤ 0,02		≤ 0,03	≤ 0,030	≤ 0,015	≤ 0,02
Mg	0,15 a 0,4	≤ 0,2	0,06 a 0,25	0,1 a 0,5		≤ 0,4	
Ca			0,006 a 0,015				
V							
Zr							
W							
Co						≤ 0,3	
B		≤ 1	≤ 0,5			≤ 0,3	≤ 1
Ni + Co			0,002 a 0,004				
Nb + Ta							
Elementos adicionales							
	Al + Ti 1,0 %						

C	Aleación C-263	Aleación C-276	Crofer 22 APU	Crofer 22 H	Neutrosfield
S	0,04 a 0,08	≤ 0,01	≤ 0,03	≤ 0,03	≤ 0,08
N	≤ 0,007	≤ 0,01	≤ 0,020	≤ 0,006	≤ 0,030
Cr				≤ 0,04	≤ 0,10
Ni	19,0 a 21,0	15 a 16,5	20,0 a 24,0	20 a 24	18,00 a 20,00
Mn	50 a 55	51 a 63		≤ 0,5	12,00 a 15,00
Si	≤ 0,6	≤ 1	0,30 a 0,80	≤ 0,8	≤ 2,00
Mo	≤ 0,4	≤ 0,08	≤ 0,50	0,1 a 0,6	
Ti	5,6 a 6,1	15 a 17			
Nb	1,90 a 2,40		0,03 a 0,20	0,02 a 0,2	
Cu				0,2 a 1	
Fe	≤ 0,2		≤ 0,50	≤ 0,5	
P	≤ 0,7	4 a 7	≥ 73	70 a 79	R
Al	≤ 0,015	≤ 0,02	≤ 0,050	≤ 0,05	≤ 0,045
Mg	0,30 a 0,60		≤ 0,50	≤ 0,1	
Ca					
V					
Zr		≤ 0,3			
W					
Co		3 a 4,5		1 a 3	
B	19,0 a 21,0	≤ 2,5			≤ 0,2
Ni + Co	≤ 0,005				0,20 a 2,25
Nb + Ta					
Elementos adicionales					
		Ag: máx. 0,0005; Zr: máx. 0,02; Al + Ti: 2,40 - 2,80; Ni: Resto			Si 0,75 % (máx.)
		Pb, Ag, Zr: Determinación sólo bajo pedido.			

Se consiguen polvos con un tamaño de partícula de 5 µm a 250 µm.

Un tamaño de partícula demasiado pequeño, inferior a 5 µm, perjudica el comportamiento de flujo y, por tanto, debe evitarse; un tamaño de partícula demasiado grande, superior a 250 µm, perjudica el comportamiento en la fabricación aditiva.

- 5 Una densidad aparente demasiado baja de 2 g/cm<sup>2</sup> empeora el comportamiento de la fabricación aditiva. La máxima densidad aparente posible de aprox. 8 g/cm<sup>3</sup> viene dada por la densidad de la aleación.

- 10 El contenido de oxígeno debe ser menor o igual a 0,100 % para garantizar la capacidad de fabricación y usabilidad de la aleación. Si el contenido de oxígeno es demasiado bajo, se elevan los costes. Por tanto, el contenido de oxígeno es  $\geq 0,0001$  %. Los polvos fabricados mediante este método se pueden usar en la fabricación aditiva para construir componentes que presenten las propiedades de las aleaciones básicas.

Además, el polvo descrito anteriormente también se puede usar para producir piezas mediante prensado isostático en caliente (HIP) o procesos convencionales de sinterización y extrusión. También es posible la combinación de métodos de fabricación aditiva y posterior tratamiento de HIP. Las etapas de posprocesamiento para fabricación generativa que se describen a continuación se pueden aplicar para piezas de HIP.

- 15 El polvo fabricado mediante este método y los componentes fabricados a partir de este polvo (muestras impresas en 3D) están libres de nitruros, carburos y/o carbonitruración. Si están presentes nitruros y carburos, estos tienen un tamaño de partícula de < 100 nm de diámetro, en particular < 50 nm.

- 20 Después del tratamiento térmico de los componentes fabricados a partir de este polvo (muestras impresas en 3D) para homogeneización, recocido por difusión por encima de 900 °C, especialmente por encima de 1000 °C, idealmente por encima de 1100 °C durante más de 1 hora, pueden aparecer nitruros en los componentes fabricados (muestras impresas en 3D), así como carburos y/o carbonitruros. Éstos tienen un tamaño de partícula con un diámetro de <8 µm o <5 µm, idealmente <1 µm, en particular <500 nm. El método según la invención se ilustra a modo de ejemplo de la siguiente manera:

- 25 Con el método según la invención se generaron las siguientes masas fundidas y se fabricaron en forma de polvo (datos en % en peso):

Carga	P10030	P10036	P10038	P10039	P10046	P10049	P10057	P10153	P10154	P10155
C	0,022	0,027	0,025	0,026	0,028	0,023	0,033	0,002	0,002	0,003
S	0,0005	0,0005	0,0006	0,0005	0,0007	0,0006	0,001	0,002	0,002	0,002
N	0,007	0,008	0,006	0,008	0,005	0,008	0,007	0,004	0,004	0,003
Cr	18,33	18,38	17,94	18,35	17,94	18,95	18,56	22,46	22,48	22,72
Ni	53,07	53,24	52,33	53,24	53,32	52,2	53,44	60,91	60,71	60,5
Mn	0,04	0,03	0,18	0,1	0,03	0,11	0,03	0,2	0,19	0,18
Si	0,06	0,05	0,18	0,08	0,04	0,16	0,06	0,01	0,01	0,01
Mo	2,98	3,03	2,96	3,01	3,05	3,13	2,98	15,43	15,42	15,48
Ti	0,93	0,93	1,28	0,98	0,9	0,92	0,95	0,01	0,01	0,01
Nb	5,28	5,37	5,18	5,09	5,41	5,61	5,39	0,01	0,01	0,01
Cu	0,03	0,02	0,14	0,05	0,02	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01
Fe	18,52	18,18	17,66	18,01	18,55	17,63	17,82	0,52	0,66	0,67
P	0,009	0,008	0,039	0,013	0,007	0,011	0,007	0,002	0,002	0,002
Al	0,55	0,58	0,8	0,6	0,52	0,53	0,46	0,24	0,31	0,22
Mg	0,001	0,001	0,011	0,005	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001
Ca	0,001	0,001	0,002	0,004	0,001	0,004	0,001	0,001	0,001	0,001
V	0,02	0,02	0,18	0,06	0,02	0,13	0,02	0,16	0,15	0,15
Zr	0,01	0,01	0,05	0,05	0,01	0,03	0,01	-	-	-
W	0,03	0,03	0,19	0,09	0,06	0,06	0,02	0,01	0,01	0,01
Co	0,1	0,08	0,84	0,22	0,07	0,44	0,08	0,01	0,01	0,01
B	0,004	0,004	0,007	0,004	0,004	0,01	0,004	0,001	0,001	0,001

Carga	P10156	P10157	P10207	P10208	P10209	P10210	P10211	P10212	P10213	P10214	P10215
C	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003	0,002	0,002
S	0,002	0,002	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
N	0,004	0,005	0,003	0,005	0,004	0,004	0,003	0,006	0,005	0,002	0,003
Cr	22,78	22,66	22,8	22,65	22,95	22,66	22,5	22,54	22,43	22,46	22,49
Ni	60,27	60,19	60,4	60,34	60,27	60,36	60,82	60,4	61,01	60,89	60,59
Mn	0,19	0,18	0,22	0,22	0,2	0,18	0,19	0,18	0,19	0,15	0,17
Si	0,01	0,01	0,04	0,01	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02
Mo	15,71	16,02	15,5	15,64	15,47	15,68	15,39	15,77	15,39	15,39	15,68
Ti	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Nb	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Cu	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Fe	0,61	0,45	0,61	0,61	0,53	0,53	0,53	0,52	0,44	0,52	0,51
P	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Al	0,22	0,28	0,22	0,24	0,27	0,26	0,28	0,26	0,26	0,29	0,27
Mg	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Ca	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
V	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13	0,14	0,14	0,15	0,14	0,14	0,15
Zr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
W	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Co	0,01	0,01	0,01	0,08	0,09	0,1	0,07	0,09	0,06	0,08	0,06
B	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001

Tabla 2

En la Tabla 2 se dan las composiciones químicas de los polvos producidos con el método según la invención:

Tanto el polvo como los componentes fabricados (muestras impresas en 3D) estaban libres de nitruros y carburos.

Después del recocido a una temperatura de 1100 °C durante 1 hora seguido de un enfriamiento rápido en agua, estaban presentes partículas como nitruros, así como carburos y/o carbonitruros en los componentes fabricados (muestras impresas en 3D). Estas tenían un tamaño de partícula de  $<1 \mu\text{m}$  de diámetro.

5

REIVINDICACIONES

1. Método para producir un polvo de una aleación a base de níquel, en donde los contenidos (en % en peso) se definen como sigue:

C	máx. 0,5 %
S	máx. 0,15%, en particular máx. 0,03 %
N	máx. 0,25 %
Cr	14 – 35 %, en particular 17-28 %
Ni	resto (> 38 %)
Mn	máx. 4 %
Si	máx. 1,5 %
Mo	> 0 – 22 %
Sí	≤ 4 %, en particular ≤ 3,25 %
Nb	hasta 6,0 %
Cu	hasta 3 %, en particular hasta 0,5 %
Fe	≤ 50 %
P	máx. 0,05 %, en particular máx. 0,04 %
Al	hasta 3,15 %, en particular hasta 2,5 %
Mg	máx. 0,015 %
V	máx. 0,6 %
Zr	máx. 0,12 %, en particular máx. 0,1 %
W	hasta 4,5 %, en particular hasta máx. 3 %
Co	hasta 28 %
B	≤ 0,125 %
O	> 0,00001 - 0,1 %

5 y las impurezas relacionadas con la producción,

en donde:

$$\text{Ni} + \text{Fe} + \text{Co} \quad 56 - 80 \%$$

$$\text{Nb} + \text{Ta} \quad \leq 6,0 \%$$

- fundiendo una aleación en un horno de VIM,
- 10 – manteniendo la masa fundida líquida durante 5 minutos a 2 horas para su homogeneización,
- ajustando un sistema de atomización cerrado con un gas alimentado a un punto de rocío de -10 °C a 120 °C,
- soplando la masa fundida a través de una boquilla en una corriente de gas con un caudal de gas de 2 qm<sup>3</sup>/min hasta 150 qm<sup>3</sup>,
- recogiendo las partículas de polvo solidificadas en un recipiente hermético a los gases, en donde
- 15 – las partículas tienen un tamaño de partícula de 5 μm a 250 μm,
- las partículas del polvo son esféricas,
- el polvo presenta inclusiones de gas de 0,0 a 4 % del área de los poros (poros > 1 μm) en relación con el área total de los objetos evaluados,
- el polvo tiene una densidad aparente de 2, hasta la densidad de la aleación de aproximadamente 8 g/cm<sup>3</sup>,

## ES 2 995 202 T3

– el polvo se envasa herméticamente bajo una atmósfera de gas protector argón.

2. Método según la reivindicación 1 con la siguiente composición (en % en peso):

C	máx. 0,25 %
S	máx. 0,03 %
N	> 0-0,15%
Cr	17-28 %, en particular 17 – 24 %
Ni	resto (38 – 72 %)
Mn	máx. 2 %, en particular máx. 1 %
Si	máx. 1,2 %, en particular ≤ 0,5 %
Mo	> 0 - 21, en particular 2,5-21 %
Ti	> 0 - < 3,25 %
Nb	> 0 - 5,5 %
Cu	máx. 3%, en particular hasta 0,5 %
Fe	> 0 – 38 %
P	máx. 0,04 %
Al	> 0 - 0,8 %
Mg	máx. 0,015 %
V	máx. 0,4 %
Zr	máx. 0,1 %
W	hasta 0,5 %
Co	≤ 10 %
B	≤ 0,01 %
Pb	máx. 0,001 %, en particular máx. 0,0005 %
Se	máx. 0,0005 %, en particular máx. 0,0003 %
Bi	máx. 0,00005 %, en particular máx. 0,00003 %
O	> 0,00001 - 0,1 %
Nb + Ta	> 0 - 5,5 %

y las impurezas relacionadas con la producción,

5 en donde:

Ni + Fe + Co 57 – 77 %.

3. Método según la reivindicación 1 o 2 con la siguiente composición (en % en peso):

C	> 0 - 0,1%, en particular > 0 - 0,08 %
S	máx. 0,015 %
N	> 0 - 0,03 %
Cr	17 – 24 %
Ni	resto (> 50 – 63 %)
Mn	máx. 1,0 %, en particular máx. 0,5 %
Si	máx. 0,5 %
Mo	2,8 - 16,5 %

Si	> 0 - 1,15 %
Nb	> 0 - ≤ 5,5 %
Cu	máx. 0,5 %
Fe	> 0 - 25 %
P	máx. 0,015 %
Al	0,1 - 0,6 %
Mg	máx. 0,015 %
V	máx. 0,2 %
Zr	máx. 0,1 %
W	hasta 0,2 % en particular > 0 - 0,2 %
Co	≤ 2,5 %, en particular ≤ 1,0 %
B	≤ 0,01 %
Pb	máx. 0,001 %, en particular máx. 0,0005 %
Se	máx. 0,0005 %, en particular máx. 0,003 %
Bi	máx. 0,0005 %, en particular máx. 0,0003 %
O	> 0,00001 - 0,1 %
Nb + Ta	> 0 - 5,5 %
Al + Ti	< 1,2 %

y las impurezas relacionadas con la producción,

en donde:

Ni + Fe + Co 59-72 %.

- 5 4. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde la aleación se genera en primer lugar como aleación maestra con un análisis químico definido mediante fusión en horno de VIM, VIM/ESR, VIM/ESR/VAR, VIM/VAR VOD o VLF, con posterior refundición en el ESU y/o VAR según sea necesario,
- el bloque de aleación maestra se corta en trozos pequeños mediante aserrado,
  - los trozos de la aleación maestra se funden en un horno de VIM.
- 10 5. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque se utiliza un gas inerte como gas alimentado.
6. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque se utiliza argón como gas alimentado.
- 15 7. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque la corriente de gas en la que se atomiza está compuesta de argón.
8. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque la corriente de gas en la que se atomiza está compuesta de nitrógeno.
9. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque la corriente de gas en la que se atomiza está compuesta de una mezcla de nitrógeno y argón.
- 20 10. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque la atomización de la masa fundida se realiza a una velocidad de 0,5 a 80 kg/min.
11. Uso de un polvo producido según un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10 para la fabricación aditiva de componentes o piezas.
- 25 12. Uso de un polvo producido según un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10 para la fabricación aditiva de capas sobre componentes o piezas.

13. Uso de un polvo producido según un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10 para la fabricación de componentes de turbinas.
14. Uso de un polvo producido según un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10 para la fabricación de componentes para las industrias de petróleo y gas, así como de procesos químicos.
- 5 15. Uso de un polvo producido según un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10 para la fabricación de válvulas o bridas.