(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 991 114**

(51) Int. Cl.:

C22C 19/05 (2006.01)
C22C 1/04 (2013.01)
B22F 9/08 (2006.01)
B33Y 70/00 (2010.01)
B22F 1/00 (2012.01)
B22F 1/065 (2012.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.07.2020 PCT/DE2020/100576**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **14.01.2021 WO21004580**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.07.2020 E 20757212 (4)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.10.2024 EP 3994289**

(54) Título: **Aleación a base de níquel para polvo y método para producir dicho polvo**

(30) Prioridad:

05.07.2019 DE 102019118221
26.06.2020 DE 102020116865

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.12.2024

(73) Titular/es:

VDM METALS INTERNATIONAL GMBH (100.0%)
Plettenberger Straße 2
58791 Werdohl, DE

(72) Inventor/es:

WOLF, MARTIN

(74) Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

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

Aleación a base de níquel para polvo y método para producir dicho polvo

La invención se refiere a una aleación a base de níquel para polvo.

El documento WO 2015/110668 A2 describe un método para producir polvos a base de hierro, que se atomizan mediante una centrífuga, con los siguientes pasos de proceso:

- proporcionar una aleación con un punto de fusión superior a 1040 °C,
- derretir la composición,
- Atomizar la composición fundida usando una centrífuga o un atomizador giratorio.

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

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

El documento US 3,802,938 se conoce un método para producir una aleación a base de níquel, que puede tener la siguiente composición: Cr 5,0 - 25 %, Co 5,0 - 25 %, Mo hasta 12 %, W hasta 15 %, Nb hasta 4 %, Ti 0,5 - 6 &, Al 1 - 7 %, B hasta 0,4 %, Zr hasta 0,3 %, Ta hasta 12 %, Hf hasta 5 %, Re hasta 1 %. La aleación puede consistir en polvo deformado por presión y sometido a tratamiento térmico, con un componente en polvo compuesto por una superaleación a base de níquel sustancialmente exenta de carbono y otro componente constituido por un carburo en polvo.

Es bien sabido que las aleaciones de Ni y Ni-Co se utilizan para producir componentes 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.

El documento DE 10 2013 018 006 A1 describe una aleación de níquel-cromo-molibdeno que (en % en peso)

20 - 23 %	cromo
10 - 13 %	cobalto
8 - 10 %	molibdeno
0,03 - 0,10 %	carbono
0,8 - 1,5 %	aluminio
0,2 - 0,50 %	titanio
0,005 - 0,10 %	circonio

0,008 - 0,02 % boro

Resto níquel

y contiene impurezas inevitables.

Además, también pueden estar presentes uno o varios de los elementos Si, Mn, P, S, Nb, Fe. A partir de la aleación se puede generar un producto, siendo el producto un polvo, un granulado, una placa, una varilla, un alambre, un tubo, un producto fundido, un producto forjado, un producto laminado o un producto soldado.

El DE 10 2010 011 609 A1 es una aleación de níquel-cromo-cobalto-molibdeno, que consiste en (en peso %)

Cr	20 - 24 %
Fe	≤ 1,5 %
C	0,03 - 0,1 %
Mn	≤ 0,5 %
Si	≤ 0,25 %
Co	10 - 15 %
Cu	≤ 0,1 %
Mo	9,0 - 10,5 %
Ti	0,1 - 0,8 %
Al	0,3 - 2,0 %
P	< 0,012 %
S	< 0,05 %
B	> 0,02 - < 0,08 %
Nb	0,2 - 2 %
N	≤ 0,015 %
Mg	≤ 0,006 %
Ca	≤ 0,01 %
V	≤ 0,05 %
Ni	Residuos e impurezas causados por la fusión.

De esta aleación se pueden fabricar tubos, láminas, alambres, varillas, piezas forjadas, flejes, estructuras soldadas para turbinas de gas, en la construcción de hornos y centrales eléctricas, en la industria petroquímica y en el campo de la tecnología de la energía nuclear.

En la Tabla 1 del artículo técnico de Quanyan Wu et al. "Microstructure of Long-Term Aged IN617 Ni-Base Superalloy" se muestra una composición química de la aleación IN617 Alloy, que contiene los siguientes elementos:

Ni	Resto
Cr	22,0 %
Co	12,5 %
Mo	9,0 %
Al	1,2 %
Fe	1,0 %
Mn	1,0 %
Ti	0,4 %

Si	0,1 %
C	0,1 %
Cu	0,5 %
B	0,006 %
S	0,015 %

La invención se basa en el objetivo de proporcionar un polvo para la fabricación aditiva de componentes que tenga las propiedades ventajosas de las aleaciones de Ni y Ni-Co y que pueda producirse de forma económica. Es importante cumplir con los requisitos especiales de distribución del tamaño de las partículas, forma de las partículas y fluidez del polvo.

Además, debe proponerse un método para producir tal polvo.

Este objetivo se resuelve mediante una aleación a base de níquel para polvo, cuyo contenido (en % en peso) se define como sigue:

C	0,015 - 0,5 %
S	máx. 0,15 %, especialmente máx. 0,03 %
Cr	20 - 25 %
Ni	Resto
Mn	máx. 1 %
Si	máx. 1 %
Mo	hasta 10 %
Ti	0,25 - 0,6 %
Nb	hasta 5,5 %
Cu	hasta 5 %, especialmente hasta 0,5 %
Fe	hasta 25 %
P	máx. 0,03 %, especialmente máx. 0,02 %
Al	0,8 - 1,5 %
V	máx. 0,6 %
Zr	máx. 0,12 %, especialmente máx. 0,1 %
Co	hasta 15 %
B	0,006 - 0,125 %
O	>0,00001 - 0,1 %

opcional

Se	máx. 0,0005 %
Bi	máx. 0,00005 %
Pb	máx. 0,002 %

e impurezas relacionadas con la fabricación, estando la relación carbono/boro C/B comprendida entre 4 y 25, estando la suma C + B entre 0,156 y 0,625 %, en particular en el intervalo 0,16 y 0,6 %, especialmente en el intervalo 0,1875 y 0,530 % y siendo la suma Nb + Ta como máximo 5,2 %.

Variantes ventajosas de la aleación en polvo según la invención se desprenden de las reivindicaciones subordinadas correspondientes.

El objetivo también se resuelve mediante un método para producir un polvo a partir de una aleación a base de níquel,

en el que

- una aleación se funde en un horno VIM,
- la masa fundida líquida se mantiene durante 5 minutos a 2 horas para su homogeneización,
- un sistema de atomización cerrado con un gas suministrado se ajusta a un punto de rocío de -10 °C a -120 °C,
- la masa fundida se sopla a través de una boquilla en una corriente de gas con un caudal de gas de 2 m^3/min hasta 150 m^3/min,
- las partículas de polvo solidificadas se recogen en un recipiente hermético a los gases,
- presentando las partículas un tamaño de partícula de 5 µm a 250 µm,
- siendo las partículas del polvo esféricas,
- el polvo tiene 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 a una densidad de la aleación de aproximadamente 8 g/cm^3,
- el polvo se envasa herméticamente bajo una atmósfera de gas protector con argón.

Variantes ventajosas del método según la invención se desprenden de las reivindicaciones subordinadas correspondientes al método.

Son factibles los siguientes pasos iniciales de producción:

- se produce un bloque de aleación maestra con un análisis químico definido fundiéndolo en un horno VIM,
- un bloque de aleación maestra se separa en trozos pequeños mediante aserrado,
- las piezas de la aleación maestra se funden en un horno VIM, o
- los elementos de aleación de un peso definido se funden en un VIM según el análisis químico,
- la masa fundida líquida se mantiene durante 5 minutos a 2 horas para homogeneización.

A los pasos de producción iniciales alternativos pueden seguir los siguientes pasos de procesamiento adicionales:

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

El polvo según la invención se produce preferiblemente en un sistema de atomización con gas inerte al vacío (VIGA). En este sistema, la aleación se funde en un horno de fusión por inducción al vacío (VIM) y se introduce en un embudo de fundición, que conduce a una boquilla de gas en donde 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 entre 5 y 400 °C por encima del punto

de fusión. El caudal de metal durante la atomización es de 0,5 a 80 kg/min y el caudal de gas es de 2 a 150 m^3/min. Debido al rápido enfriamiento, las partículas de metal se solidifican en formas esféricas (partículas esféricas). El gas inerte utilizado 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 luego se envasa el polvo.

Alternativamente, el polvo según la invención se puede producir utilizando el llamado método 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.

El bloque de aleación para EIGA puede, a su vez, producirse mediante los procesos de fusión VIM, ESU, VAR, VOD o VLF y sus combinaciones y, opcionalmente, someterse a procesos de conformado en caliente, como forjado y laminado. Resulta ventajoso limpiar la superficie del bloque con tratamientos como rectificado y/o pelado antes de usarlo en el método EIGA.

El gas inerte en la producción de polvo puede ser, en caso dado, argón o una mezcla de argón con entre un 0,01 y un 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 %

0,01 hasta 10 %

0,01 hasta 10 %

0,1 hasta 5 %

0,5 hasta 10 %

1 hasta 5 %

2 hasta 3 %

Alternativamente, el gas inerte puede ser, dado el caso, helio.

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 a 10 ppmv, el contenido de oxígeno de 0,0 a 4 ppmv y un contenido de H2O de ≤ 5 ppmv.

En particular, el gas inerte puede tener preferiblemente una pureza de al menos el 99,999 % en volumen. En particular, el contenido de nitrógeno debería ser de 0,0 a 5 ppmv, el contenido de oxígeno debería ser de 0,0 a 2 ppmv y un contenido de H2O de ≤ 3 ppmv. El punto de rocío en el sistema está en el rango de -10 a -120 °C. Preferiblemente está en el intervalo de -30 a -100 °C.

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

Las piezas y componentes o capas sobre piezas y componentes fabricados mediante fabricación aditiva se componen de espesores de capa de 5 a 500 µm y, inmediatamente después de la producción, presentan una estructura texturizada con granos estirados en la dirección de construcción y un tamaño medio de grano de 2 µm a 1000 µm. El rango preferido está entre 5 µm y 500 µm.

Las piezas y componentes o capas sobre piezas y componentes fabricados 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 a 70 h, si es necesario bajo gas protector, como por ejemplo. B. argón o hidrógeno, seguido de enfriamiento al aire, en atmósfera de recocido en movimiento o en un baño de agua. A continuación, la superficie se puede limpiar o procesar mediante decapado, granallado, rectificado, torneado, pelado y fresado. Un procesamiento de este tipo puede realizarse opcionalmente parcial o completamente antes del recocido.

Las piezas y componentes o capas sobre piezas y componentes producidos mediante fabricación aditiva tienen un tamaño de grano medio de 2 µm a 2000 µm después del recocido. El rango preferido está entre 20 µm y 500 µm.

Las piezas y componentes, o capas sobre piezas y componentes, producidos mediante fabricación aditiva a partir del polvo producido según la invención deberían usarse preferiblemente en áreas en donde el material también se usa como aleación forjada o fundida con el análisis correspondiente. La fabricación aditiva también incluye términos como fabricación generativa, tecnología rápida, herramientas rápidas, creación rápida de prototipos o similares.

Además, el polvo descrito anteriormente también se puede utilizar para producir los componentes mediante prensado isostático en caliente (HIP) o procesos convencionales de sinterización y extrusión. También es posible la combinación de procesos de fabricación aditiva y posterior tratamiento HIP. Los pasos de posprocesamiento para componentes HIP que se describen a continuación se pueden utilizar para la fabricación generativa.

He aquí una distinción general:

Impresión 3D con polvos,

Sinterización selectiva por láser y

Fusión láser selectiva

Soldadura por deposición láser

Soldadura selectiva por haz de electrones.

Las abreviaturas utilizadas aquí se definen de la siguiente manera:

VIM Fusión por inducción al vacío

VIGA Sistema de atomización de gas inerte al vacío

VAR Refusión por arco al vacío

VOD Decaburización de oxígeno al vacío

VLF Horno de cuchara de vacío

EIGA Atomización de gas de fusión por inducción de electrodos

En las reivindicaciones dependientes se pueden encontrar variantes ventajosas del método según la invención.

El intervalo de dispersión para el tamaño de partícula del polvo está entre 5 y 250 µm, siendo los intervalos preferidos entre 5 y 150 µm o 10 y 150 µm.

El polvo presenta inclusiones de gas de 0,0 a 4 % de área de poro (poros > 1 µm) en relación al área total de los objetos evaluados, siendo los rangos preferidos:

0,0 hasta 2 %

0,0 hasta 0,5 %

0,0 hasta 0,2 %

0,0 hasta 0,1 %

0,0 hasta 0,05 %

El polvo tiene una densidad aparente de 2 a la densidad de la aleación de aproximadamente 8 g/cm^3, pudiendo comprenderse los rangos preferidos en los siguientes valores:

4-5 g/cm^3

2-8 g/cm^3

2-7 g/cm^3

3-6 g/cm^3

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

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 con un diámetro < 100 nm, en particular < 50 nm.

Después del tratamiento térmico de los componentes fabricados a partir de este polvo (muestras impresas en 3D) para su 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. Estos tienen un tamaño de partícula con un diámetro de <8 µm o <5 µm, idealmente <1 µm.

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.

Puede ser ventajoso si el bloque se somete a un tratamiento superficial (por ejemplo, mediante cepillado, esmerilado, decapado, corte, pelado, etc.) antes de cortarlo. Aquí se pueden eliminar defectos que no pueden eliminarse mediante una nueva fusión 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 producir en forma de polvo usando los parámetros del método según la invención. Esta composición de aleación que contiene carbono se puede procesar en componentes como un polvo con un tamaño de partícula preferiblemente entre 15 µm y 53 µm o entre 45 µm y 150 µm usando un método de soldadura por fusión como láser o haz de electrones. La composición de la aleación se caracteriza por una procesabilidad particularmente buena en forma de una tendencia particularmente baja al craqueo en caliente cuando la relación carbono-boro (relación C/B) en el polvo está entre > 4 y < 25 y la suma de B + C > 0,1875 % y < 0,525 %.

Los componentes fabricados a partir de esta composición de aleación mediante el método de soldadura se utilizan preferiblemente en aplicaciones de alta temperatura (temperatura de funcionamiento > 550 °C) con tensión mecánica simultánea (tensión de fluencia > 10 000 h).

A continuación se muestra una composición ventajosa del polvo según la invención (todos los datos se expresan en % en peso):

C	0,15 - 0,50 %
S	máx. 0,150 %, especialmente máx. 0,03 %
Cr	22 - 25 %
Ni	resto
Mn	máx. 1 %
Si	máx. 1 %
Mo	8 - 10 %
Ti	0,25 - 0,5 %
Nb	máx. 5,5 %
Cu	máx. 5 %, especialmente máx. 0,5 %
Fe	máx. 25 %
Al	0,80 - 1,50 %
V	máx. 0,6 %
Zr	máx. 0,12 %, especialmente máx. 0,1 %
Co	11 - 13 %
O	0,00001-0,1 %
B	0,0060 - 0,125 %

e impurezas relacionadas con la fabricación, estando la relación carbono-boro (C/B) comprendida entre 4 y 25 y la suma de B+C es > 0,1875 % y < 0,525 %.

La relación óptima entre carbono y boro está entre 4 y 25 y la suma de B+C está entre > 0,1875 % y < 0,525 %. Esto se justifica de la siguiente manera: en los procesos de fusión, fundición y soldadura, el intervalo de solidificación, es decir, el rango de temperatura entre la temperatura del líquido y la temperatura del sólido, determina la formación de discontinuidades relacionadas con la solidificación, como grietas calientes o huecos internos. La adición del elemento boro amplía el intervalo de solidificación. Se descubrió que al aumentar el contenido de boro del 0,005 % al 0,020 % se amplía el intervalo de solidificación de 127K a 141K. Sin embargo, con una mayor adición del elemento carbono, se combina con el elemento boro y reduce efectivamente el intervalo de solidificación. Un aumento del contenido de carbono del 0,055 % al 0,500 % con un contenido de boro del 0,005 % conduce a una reducción del intervalo de

solidificación de 127K a 99K. Con un contenido de boro del 0,020 %, un contenido de carbono del 0,350 % conduce a un intervalo de solidificación de 123K, pero con un contenido de carbono del 0,500 % sólo a un intervalo de solidificación de 113K (véase la Tabla 1).

Tabla 1

Aleación	B	C	incipiente	líquidos	dT	C/B	C+B
FM 617B	0,0023	0,056	1255	1372	117	24	0,058
FM 617	0,0050	0,055	1245	1372	127	11	0,060
Var 1	0,0200	0.350	1236	1359	123	17,5	0,37
Var 2	0,0200	0.500	1240	1353	113	25	0,52
Var 3	0,0250	0.500	1240	1353	113	20	0,525
Var 4*)	0,0050	0.500	1255	1354	99	100	0,505
Var 5*)	0,0200	0,055	1230	1371	141	2,75	0,075
*) Variantes de control con B < 0,0060 % o C/B < 4 o > 25							

De ello se deduce que un aumento del contenido de boro no conduce a un deterioro inaceptable de las propiedades de procesamiento durante la fase de fusión, como por ejemplo soldadura o fusión selectiva por láser, si al mismo tiempo se aumenta el contenido de carbono. Se determinó que la proporción ideal entre C y B era 14,8. Esto significa que el intervalo de solidificación permanece constante incluso con la adición de boro, si el carbono se incrementa en un factor de 14,8 con respecto al boro.

El aumento del contenido de boro y simultáneamente el aumento del contenido de carbono conduce también a una aparición predominante de carburos primarios M23C6 con una aparición simultánea reducida de carburos M6C. La ventaja de los carburos M23C6 sobre los carburos M6C es que no se disuelven nuevamente durante un tratamiento de recocido como el recocido por solución y permanecen estables en la estructura y, por tanto, también en el grano y no principalmente en los límites de grano energéticamente favorecidos.

Además, se encontró que un mayor contenido de carbono reduce o incluso suprime por completo la formación de la fase sigma.

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

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

- 0,00001 - 0,1
- 0,00002 - 0,1
- 0,00005 - 0,1
- 0,00008 - 0,1
- 0,0001 - 0,1
- 0,0002 - 0,1
- 0,0005 - 0,1
- 0,0008 - 0,1
- 0,001 - 0,1
- 0,002 - 0,1
- 0,005 - 0,1
- 0,008 - 0,1
- 0,010 - 0,1

- 0,00001 - 0,10
- 0,00001 - 0,08
- 0,00001 - 0,05
- 0,00001 - 0,03
- 0,00001 - 0,02

Si es necesario, los siguientes elementos se pueden ajustar dentro de los siguientes rangos de dispersión, dependiendo de la aplicación:

Co > 11 - < 15 %

Mn > 0,001 - < 0,3 %

Mo > 8,4 - < 10 %

Ti > 0,25 - < 0,35 %

Una relación ventajosa C/B está entre > 12 y < 18.

También es ventajoso que la suma C + B se encuentre entre 0,156 y 0,625 %, en particular entre 0,16 y 0,6 %, especialmente entre 0,1875 y 0,530 %.

Los campos de aplicación preferidos del polvo según la invención se indican a continuación:

- fabricación aditiva de componentes o piezas
- fabricación aditiva de capas sobre componentes o piezas
- Fabricación de componentes para turbinas.
- Fabricación de componentes para la industria del petróleo y el gas.
- Producción de ventiladores y bridas.

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, y un tamaño de partícula demasiado grande, superior a 250 µm, perjudica el comportamiento en la fabricación aditiva.

Una densidad aparente de 2 g/cm^2 demasiado baja empeora el comportamiento de la fabricación aditiva. La mayor densidad aparente posible de aproximadamente 8 g/cm^3 viene dada por la densidad de la aleación.

El contenido de oxígeno debe ser menor o igual al 0,100 % para garantizar la capacidad de fabricación y utilización de la aleación. Si el contenido de oxígeno es demasiado bajo, los costes aumentarán. Por tanto, el contenido de oxígeno es ≥ 0,0001 %.

Los polvos producidos mediante este método se pueden utilizar en la fabricación aditiva para construir componentes que tengan las propiedades de las aleaciones subyacentes.

El método según la invención se explica a modo de ejemplo como sigue:

En la Tabla 2 se dan ejemplos de composiciones químicas (Var 1 a Var 3) de las variantes de polvo posibles con el método según la invención:

Tabla 2

	Var 1	Var 2	Var 3	Lote #185855
Masa %				
C	0,350	0,500	0,500	0,055
S	0,002	0,002	0,002	0,002
N	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cr	21,5	21,5	21,5	21,80
Ni	Bal	Bal	Bal	55,82
Mn	0-1	0-1	0-1	0,15
Si	0-1	0-1	0-1	0,12
Mo	9,0	9,0	9,0	8,86
Ti	0,30	0,30	0,30	0,33
Nb	0,3	0,3	0,3	0,01
Cu	0,01	0,01	0,01	0,01
Fe	1,5	1,5	1,5	0,32
P	0,002	0,002	0,002	0,002
Al	1,35	1,35	1,35	1,32
Mg	0,002	0,002	0,002	0,002
Ca	0,001	0,001	0,001	0,001
Co	11,15	11,15	11,15	11,16
B	0,020	0,020	0,025	0,002
C/B	17,5	25	20	27,5
C+B	0,37	0,52	0,525	0,057

La Tabla 3 documenta los valores de fluencia hasta la fractura, medidos en FM 617B - metal de soldadura del lote n.º 185855 con una relación C/B de (0,055/0,002) = 27,5 y la suma de C + B de 0,057. Debido a la relación C/B > 25 y a la pequeña suma de C + B, con los procesos de arco habituales se puede conseguir una "soldabilidad" que se considera suficiente, pero los valores de fluencia (tiempo t hasta la fractura) son limitados y solo alcanzan bajo cargas estáticas de Sigma < 83 MPa los valores de fluencia requeridos de > 10 000 h en el rango de temperatura entre 650 °C y 800 °C.

Tabla 3

N.º muestra	N.º p. bruta	T [°C]	Sigma [MPa]	Tiempo t para rotura [h]
21.1C	C1	650	458	634
21.1D	D1	650	398	3357
21.1E	E1	650	368	7712
21.1F	F1	650	330	17742
21.1C	C2	700	362	530
21.1D	D2	700	302	2465
21.1E	E2	700	261	6460
21.1F	F2	700	214	28567
21.1C	C3	750	261	322
21.1D	D3	750	192	3594
21.1E	E3	750	154	10921
21.1C	C4	800	161	409
21.1D	D4	800	107	4977
21.1F	F4	800	83	26442

REIVINDICACIONES

1. Aleación a base de níquel para polvo, en la que los contenidos (en % en peso) se definen como sigue:

C	0,015 – 0,5 %
S	máx. 0,15 %, en particular máx. 0,03 %
Cr	20 - 25 %
Ni	resto
Mn	máx. 1 %
Si	máx. 1 %
Mo	hasta 10 %
Si	0,25 – 0,6 %
Nb	hasta 5,5 %
Cu	hasta 5 %, en particular hasta 0,5 %
Fe	hasta 25 %
P	máx. 0,03 %, en particular máx. 0,02 %
Al	0,8 – 1,5 %
V	máx. 0,6 %
Zr	máx. 0,12 %, en particular máx. 0,1 %
Co	hasta 15 %
B	0,006 – 0,125 %
O	> 0,00001 – 0,1 %

opcionalmente

Se	máx. 0,0005 %
Bi	máx. 0,00005 %
Pb	máx. 0,002 %

y las impurezas relacionadas con la producción,

estando la relación carbono-boro (C/B) comprendida entre 4 y 25, estando el total de C + B comprendido entre 0,156 y 0,625 %, particularmente en el rango de 0,16 a 0,6 %, especialmente en el rango de 0,1875 a 0,530 %, y siendo el total de Nb + Ta como máximo 5,2 %.

2. Aleación según la reivindicación 1, en la que el contenido de Co en % en peso es > 11 % a < 15 %.

3. Aleación según la reivindicación 1 o 2, en la que el contenido de Mn en % en peso es > 0,001 a < 0,30 %.

4. Aleación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que el contenido de Mo en % en peso es > 8,4 % - < 10 %.

5. Aleación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en la que el contenido de Ti en % en peso es > 0,25 % - < 0,35 %.

6. Aleación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en la que el contenido de C en % en peso es > 0,15 % - 0,5 %.

7. Aleación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en la que el contenido de B en % en peso es > 0,010 % y < 0,05 %.

8. Aleación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en la que C/B es > 10 - 25.

9. Aleación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en la que la resistencia a la fluencia alcanzada a 750 °C y una carga de 261 MPa es superior a 322h.

10. Método para producir un polvo a partir de una aleación a base de níquel según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9 en el que

- se funde una aleación en un horno VIM, es decir, un horno de fusión por inducción al vacío,

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

- se configura una planta de atomización cerrada con un gas suministrado a un punto de rocío de -10 °C a -120 °C,

- se sopla la masa fundida a través de una boquilla en una corriente de gas con un caudal de gas de 2 m^3/min a 150 m^3/min,

- se recogen las partículas de polvo solidificadas en un recipiente hermético y sellado,

- utilizándose partículas que tienen un tamaño de partícula de 5 µm a 250 µm y forma esférica,

- estando el polvo provisto de inclusiones de gas de 0,0 a 4 % del área de poro, para poros > 1 µm, en relación con el área total de los objetos evaluados,

- utilizándose polvo con una densidad aparente de entre 2 y la densidad de la aleación de aproximadamente 8 g/cm^3,

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

11. Método según la reivindicación 10, en la que la aleación se produce en primer lugar como un bloque de aleación maestra con un análisis químico definido mediante fusión en el horno VIM,

- el bloque de aleación maestra se separa en trozos pequeños mediante aserrado,

- las piezas de la aleación maestra se funden en un horno VIM.

12. Método según la reivindicación 10 u 11, caracterizado por que el gas suministrado es un gas inerte.

13. Método según cualquiera de las reivindicaciones 10 u 11, caracterizado por que el gas suministrado es argón.

14. Método según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, caracterizado por que la corriente de gas en donde tiene lugar la atomización está compuesta de argón.

15. Método según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 14, caracterizado por que la corriente de gas en donde tiene lugar la atomización está compuesta de nitrógeno.

16. Método según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 15, caracterizado por que la corriente de gas en donde tiene lugar la atomización está formada por una mezcla de nitrógeno y argón.

17. Método según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 16, caracterizado por que la atomización de la masa fundida se produce a una velocidad de 0,5 a 80 kg/min.

18. Utilización de un polvo producido mediante un método según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 17 para la fabricación aditiva de componentes o piezas.

19. Utilización de un polvo producido mediante un método según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 17 para la fabricación aditiva de capas sobre componentes o piezas.

20. Utilización de un polvo producido mediante un método según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 17 para la producción de componentes de turbinas.

21. Utilización de un polvo producido mediante un método según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 17 para la producción de componentes para la industria del petróleo y el gas.

22. Utilización de un polvo producido mediante un método según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 17 para la producción de válvulas o bridas.