

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 743 998**

51 Int. Cl.:

C22C 19/05 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.11.2017** **E 17199575 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.08.2019** **EP 3327159**

54 Título: **Aleación de fundición a base de níquel, pieza de fundición y método para la fabricación de un impulsor de máquina rotativa**

30 Prioridad:

29.11.2016 EP 16201193

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

21.02.2020

73 Titular/es:

SULZER MANAGEMENT AG (100.0%)
Neuwiesenstrasse 15
8401 Winterthur, CH

72 Inventor/es:

LUKEZIC, DAVID

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 743 998 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

Aleación de fundición a base de níquel, pieza de fundición y método para la fabricación de un impulsor de máquina rotativa

5 La invención se refiere a una aleación de fundición a base de níquel adecuada para la fabricación de piezas de fundición y a una pieza de fundición fabricada con dicha aleación. Asimismo, la invención se refiere a un método para fabricar un impulsor de una máquina rotativa por medio de dicha aleación.

10 Para fabricar un impulsor de una máquina rotativa, como una bomba centrífuga de una sola etapa o de etapas múltiples, una turbina, un compresor, un expansor o similar, se conoce el uso de un proceso de fundición o fundición de inversión. En dicho proceso, se proporciona un material metálico, por ejemplo una aleación, de una composición deseada como una masa fundida. Se vierte la masa fundida en un molde, p.ej., un molde de arena, un molde metálico, o una combinación de los mismos, y se deja solidificar la masa fundida en el molde. Tras la solidificación
15 del material en el molde, se extrae del molde la pieza de fundición. En muchos casos, posteriormente, se somete a un proceso de densificación o consolidación la pieza de fundición para reducir la porosidad de la pieza de fundición y eliminar las cavidades o agujeros internos no deseados. La densificación se puede conseguir aplicando una presión isostática a la pieza de fundición. Normalmente, la densificación tiene lugar a temperaturas elevadas de cientos grados centígrados y, a veces, incluso a más de 1000 grados centígrados. Un proceso conocido para la densificación de la pieza de fundición metálica es el prensado isostático en caliente (HIP). Tras la etapa de densificación, se puede aplicar un procedimiento de acabado que comprende, por ejemplo, molienda o mecanizado o rectificado o pulido.

20 La selección de un material metálico apropiado para fabricar un impulsor depende de la aplicación para la que se utilice el impulsor. Por ejemplo, en la industria del gas y el petróleo, suele requerirse que la máquina rotativa tenga la capacidad de manejar fluidos ácidos. Los entornos de este tipo pueden comprender altas concentraciones de sulfuro de hidrógeno, dióxido de carbono y cloruros que crean condiciones muy agresivas para el impulsor. Por lo tanto, la resistencia a la corrosión constituye un aspecto muy importante a la hora de seleccionar un material apropiado para fabricar impulsores.

25 En particular, el impulsor debe tener una alta resistencia contra la corrosión localizada, como la corrosión por picaduras o la corrosión por grietas. La resistencia de un material contra la corrosión localizada se suele caracterizar por el número equivalente de resistencia a las picaduras (PREN). Cuanto más alto sea el valor PREN, más resistente a la corrosión es un material metálico. Un material muy conocido con una alta resistencia a la corrosión que se suele utilizar para fundir impulsores es el acero dúplex o el acero súper dúplex. Se trata de aceros inoxidables que tienen una microestructura mixta de austenita y ferrita. Normalmente, el súper dúplex tiene un valor PREN de al menos 40, lo cual indica su alta resistencia contra la corrosión.

30 Otro aspecto muy importante a la hora de seleccionar un material de impulsor es las propiedades mecánicas del material, como la resistencia a la tracción, el límite elástico o la resistencia a la fatiga. Por lo general, estas propiedades se miden mediante parámetros como el límite de elasticidad de 0,2 % o la resistencia a la tracción final.

35 Se ha demostrado que los aceros dúplex y súper dúplex son materiales muy buenos para fundir impulsores, por ejemplo, impulsores de bomba. Sin embargo, las aplicaciones actuales y futuras requieren bombas más fuertes aún, es decir, bombas de alta energía, que producen saltos de agua y/o flujos tan enormes que las cargas resultantes exceden el esfuerzo o la resistencia máximos que puede soportar un impulsor fabricado con súper dúplex. Por ejemplo, es deseable fabricar bombas que puedan crear un salto de agua de al menos 800 metros por etapa o incluso más. Las propiedades mecánicas de los aceros dúplex o súper dúplex pueden no ser suficientes para manejar las enormes cargas resultantes durante una vida útil económicamente razonable.

40 Existen otros materiales conocidos en la técnica que tienen propiedades mecánicas que exceden las de los súper dúplex, por ejemplo, híper dúplex, aleaciones de titanio y las superaleaciones que están disponibles con el nombre comercial Rene 41 o Inconel 725. Sin embargo, estas aleaciones son a base de titanio, contienen cantidades significativas de cobalto o no pueden procesarse por fundición o al menos es enormemente laborioso y costoso procesar dichos materiales mediante fundición o fundición de inversión. Por ejemplo, en la patente estadounidense US 2014/0154093, se divulga una aleación a base de níquel diseñada especialmente para la fabricación de componentes de turbina. Hoy en día, estas aleaciones a base de níquel o hierro se procesan generalmente por trabajado en caliente o un proceso de pulvimetalurgia, por ejemplo, por presión isostática en caliente de un polvo.

45 Partiendo de este estado de la técnica, por lo tanto, un objeto de la invención es proponer una nueva aleación de fundición adecuada para fabricar piezas de fundición a través de un proceso de fundición convencional o de fundición de inversión. La aleación tendrá propiedades mecánicas, en particular resistencia, superiores a las propiedades mecánicas del acero súper dúplex. Al mismo tiempo, la resistencia a la corrosión de la aleación será al menos aproximadamente la misma que la del acero súper dúplex. Asimismo, un objeto de la invención es proponer una pieza de fundición fabricada con dicha aleación. Por otra parte, un objeto de la invención es proponer un método para fabricar un impulsor de una máquina rotativa.

La materia objeto de la invención que satisface estos objetos se caracteriza por las características de la correspondiente reivindicación independiente.

5 Por lo tanto, de acuerdo con la invención, se propone una aleación de fundición a base de níquel que consiste en la composición, en porcentaje en peso: 19,0 - 22,5 cromo, 7,0 - 9,5 molibdeno, 2,75 - 4,0 niobio, 1,0 - 1,7 titanio, 0,35 - 1,0 manganeso, 0,2 - 1,0 silicio, 0 - 0,03 carbono, 0 - 0,015 fósforo, 0 - 0,01 azufre, 0 - 0,35 aluminio, 0 - 13,25 hierro, siendo el resto es níquel e impurezas incidentales.

10 Sorprendentemente, se ha descubierto que dicha aleación a base de níquel es adecuada para un proceso de fundición convencional o de fundición de inversión, en el que se introduce una masa fundida de la aleación en un molde para su solidificación. Por otra parte, la aleación de acuerdo con la invención tiene propiedades mecánicas, en particular con respecto a su resistencia, que superan claramente las propiedades mecánicas de súper dúplex, al menos a temperatura ambiente, por ejemplo a 20 °C. La resistencia a la corrosión de la aleación de acuerdo con la
15 invención es al menos aproximadamente la misma que la resistencia a la corrosión del acero súper dúplex.

Preferentemente, la aleación comprende 57 - 61 por ciento en peso de níquel.

De acuerdo con una realización preferente, la aleación comprende al menos 0,25 por ciento en peso de silicio, preferentemente, al menos 0,50 por ciento en peso de silicio.

De acuerdo con una realización preferente, la aleación comprende al menos 0,40 por ciento en peso de manganeso, preferentemente al menos 0,60 por ciento en peso de manganeso.

25 Preferentemente, la aleación comprende al menos 0,25 por ciento en peso de silicio y al menos 0,40 por ciento en peso de manganeso.

En una realización preferente, la aleación comprende como máximo 10 por ciento en peso de hierro, preferentemente, como máximo 8 por ciento en peso de hierro.

30 Preferentemente, la aleación comprende 4 - 6 por ciento en peso de hierro.

En una realización preferente, la aleación tiene un límite de elasticidad de 0,2% de al menos 750 MPa, preferentemente, al menos 850 MPa, a 20° Celsius.

35 Por otra parte, de acuerdo con la invención, se propone una pieza de fundición a partir de una aleación de acuerdo con la invención.

De acuerdo con una realización preferente, la pieza de fundición es un impulsor de una máquina rotativa.

40 Por otra parte, de acuerdo con la invención, se propone un método para fabricar un impulsor de una máquina rotativa que comprende las etapas de:

- 45 - proporcionar una masa fundida de una aleación de acuerdo con la invención,
- Introducir la masa fundida en un molde para producir una pieza de fundición,
- Extraer la pieza de fundido del molde tras la solidificación de la masa fundida,
- acabado de la pieza de fundido para producir el impulsor.

50 Preferentemente, se densifica la pieza de fundición solidificada aplicando una presión isostática de al menos 10 MPa.

Preferentemente, se densifica la pieza de fundición por prensado isostático en caliente a una temperatura de al menos 700 °C.

55 Asimismo, de acuerdo con la invención, se propone un impulsor de una máquina rotativa, en particular, de una bomba, fabricado con un método de acuerdo con la invención.

Otras medidas ventajosas y realizaciones de la invención serán evidentes a partir de las reivindicaciones dependientes.

60 La invención se explicará a continuación con más detalle.

De acuerdo con la invención, se propone una aleación de fundición que es una aleación a base de níquel. El término "aleación de fundición" significa que la aleación es adecuada para fabricar piezas de fundición en un procedimiento de fundición habitual donde se introduce una masa fundida de la aleación en un molde y se deja solidificar en el molde. Tras la solidificación, se extrae del molde la pieza de fundición. Es decir, una aleación de fundición tendrá la

ES 2 743 998 T3

propiedad de poderse procesar en un método de fundición normal o fundición de inversión.

Huelga decir que la aleación de fundición también se puede utilizar para otros métodos de fabricación distintos de la fundición. Por ejemplo, la aleación de fundición también puede procesarse por medio de un proceso de pulvimetalurgia, en el que se somete a presión una mezcla en polvo de la composición nominal de la aleación, en particular presión isostática, para formar una pieza de trabajo. En particular, la aleación de fundición de acuerdo con la invención también se puede utilizar para fabricar una pieza de trabajo a partir de una mezcla en polvo por prensado isostático en caliente (HIP).

La aleación de fundición a base de níquel de acuerdo con la invención consiste en la siguiente composición, en porcentaje en peso: 19,0 - 22,5 cromo (Cr), 7,0 - 9,5 molibdeno (Mo), 2,75 - 4,0 niobio (Nb), 1,0 - 1,7 titanio (Ti), 0,35 - 1,0 manganeso (Mn), 0,2 - 1,0 silicio (Si), 0 - 0,03 carbono (C), 0 - 0,015 fósforo (P), 0 - 0,01 azufre (S), 0 - 0,35 aluminio (Al), 0 - 13,25 hierro (Fe), siendo el resto níquel (Ni) e impurezas incidentales.

La aleación resultante se caracteriza en particular por una resistencia a la corrosión muy alta, particularmente contra la corrosión localizada, como la corrosión por picaduras o la corrosión por grietas, en combinación con muy buenas propiedades mecánicas.

La resistencia a la corrosión de la aleación a base de níquel de acuerdo con la invención es al menos aproximadamente la misma que la resistencia a la corrosión del acero súper dúplex, al mismo tiempo que las propiedades mecánicas de la aleación a base de níquel exceden las propiedades mecánicas de súper dúplex. En particular, la resistencia mecánica de la aleación de acuerdo con la invención es notablemente más alta que la resistencia mecánica de súper dúplex.

El acero súper dúplex designa el acero con el UNS S32750 y el UNS S32760. UNS (sistema de numeración unificado para metales y aleaciones) es un sistema de designación para aleaciones ampliamente aceptado.

Es habitual medir la resistencia a la corrosión localizada de un material metálico por su número equivalente de resistencia a las picaduras (PREN). El acero súper dúplex tiene un PREN de al menos 40. El PREN de la aleación a base de níquel de acuerdo con la invención también es al menos 40.

Las propiedades mecánicas de un material metálico se caracterizan generalmente por su límite elástico y su resistencia a la tracción a una temperatura ambiente de 20 grados centígrados. Como medida para el límite elástico de un material metálico, se suele indicar el límite de elasticidad al 0,2 % del material. El límite de elasticidad de 0,2 % es el esfuerzo mecánico en el cual el alargamiento relativo de una muestra del material que queda después de liberar el esfuerzo es del 0,2 % con respecto a la longitud original de la muestra. Por lo tanto, el límite de elasticidad del 0,2 % es el esfuerzo mecánico en el que se produce un alargamiento plástico del 0,2 %. La resistencia a la tracción final se considera generalmente como la máxima en la curva de tensión-deformación de un material. Esta resistencia a la tracción final a veces también se conoce como resistencia a la tracción.

El límite de elasticidad de 0,2 % para el acero súper dúplex a 20 °C es normalmente aproximadamente 550 MPa y su resistencia a la tracción máxima aproximadamente 750 MPa a 20 °C.

Las propiedades mecánicas de la aleación de acuerdo con la invención son mejores que las del acero súper dúplex. En particular, la resistencia mecánica de la aleación de acuerdo con la invención es considerablemente más alta que la resistencia del acero súper dúplex. Normalmente, una aleación con la composición de acuerdo con la invención tiene un límite de elasticidad de 0,2 % de al menos 750 MPa a 20 °C. El límite de elasticidad de 0,2 % puede incluso exceder 850 MPa. La resistencia a la tracción de la aleación de acuerdo con la invención es de al menos 1000 MPa a 20 °C.

Debido a la mayor elasticidad y resistencia a la tracción, la aleación de acuerdo con la invención también tiene una mayor resistencia a la fatiga que el acero súper dúplex.

El intervalo preferente para el contenido de níquel de la aleación de acuerdo con la invención es del 57 al 61 por ciento en peso.

El intervalo preferente para el contenido de silicio es al menos 0,25 y como máximo 1,0 por ciento en peso. Es particularmente preferente que el contenido de silicio sea al menos 0,5 por ciento en peso.

En lo que se refiere al contenido de manganeso, el intervalo preferente es al menos 0,40 y como máximo 1,0 por ciento en peso. Es particularmente preferente que el contenido de manganeso sea al menos 0,6 por ciento en peso.

Por otra parte, preferentemente el contenido de silicio es al menos 0,25 por ciento en peso y, al mismo tiempo, el contenido de manganeso es al menos del 0,40 por ciento en peso.

De acuerdo con una realización ilustrativa de la invención, la aleación de fundición a base de níquel consiste en la

siguiente composición nominal en porcentaje en peso:

Ejemplo:

5 C: 0,01 %; Mn: 0,8 %; P: 0,008 %; S: 0,005 %; Si: 0,7 %; Cr: 21 %; Mo: 8,5 %; Nb: 3,3 %; Ti: 1,3 %; Al: 0,2 %; Fe: 5,2 %; Ni: resto. Esto da como resultado un contenido de Ni de aproximadamente 59 por ciento en peso. El PREN de este ejemplo específico es aproximadamente 49,1.

10 La aleación de fundición a base de níquel de acuerdo con la invención es particularmente adecuada para la fundición o la fundición de inversión de impulsores de una máquina rotativa, por ejemplo, impulsores de bomba.

15 De acuerdo con una realización del método para fabricar un impulsor, se proporciona una masa fundida para el proceso de fundición, teniendo la masa fundida la composición nominal de una aleación de fundición a base de níquel de acuerdo con la invención. Por ejemplo, la masa fundida tiene la composición indicada en el Ejemplo anterior. La masa fundida se puede producir según cualquier modo conocido. Por ejemplo, se prepara una materia prima a partir de diferentes componentes que pueden ser polvos, granos o aglomerados u otras piezas de material, o combinaciones de los mismos. Cada componente puede contener uno o más de los elementos utilizados para la aleación. Por ejemplo, se pueden usar ferroaleaciones para preparar la materia prima. Se introduce la materia prima en partes proporcionales para alcanzar la composición nominal de la aleación que se va a producir.

20 Se funde y se agita la materia prima para producir una masa fundida homogénea. Se vierte la masa fundida en un molde de fundición diseñado para crear la forma deseada del impulsor. Naturalmente, el molde puede comprender una pluralidad de compartimentos, cada uno de los cuales está diseñado para formar un impulsor de manera que se pueda producir una pluralidad de impulsores en una sola etapa de fundición. Una vez solidificada la masa fundida, se extraen la pieza y/o las piezas de fundición del molde.

25 Preferentemente, se somete(n) a un proceso de densificación o consolidación la(s) pieza(s) de fundición después de extraerlas del molde. La densificación para reducir la porosidad de las piezas de fundición o para reducir las cavidades internas y no deseadas en la estructura de la(s) pieza(s) de fundición se realiza preferentemente aplicando una presión isostática de al menos 10 MPa a la(s) pieza(s) de fundición. Lo más preferente es que la densificación se realice a una temperatura elevada de al menos 700 °C, preferentemente de al menos 750 °C. La densificación se puede conseguir por prensado isostático en caliente (HIP) de los moldes. El proceso HIP para densificar piezas de fundición como tal es conocido en la técnica y, por lo tanto, no se explica con más detalle. Normalmente, en dicho proceso HIP se aplica una presión isostática en el intervalo de 10 a 200 MPa.

35 Tras la densificación, puede terminarse el impulsor por mecanizado, pulido por molienda u otros métodos de acabado conocidos.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Una aleación de fundición a base de níquel que consiste en la composición, en porcentaje en peso: 19,0 - 22,5 cromo, 7,0 - 9,5 molibdeno, 2,75 - 4,0 niobio, 1,0 - 1,7 titanio, 0,35 - 1,0 manganeso, 0,2 - 1,0 silicio, 0 - 0,03 carbono, 0 - 0,015 fósforo, 0 - 0,01 azufre, 0 - 0,35 aluminio, 0 - 13,25 hierro, siendo el resto níquel e impurezas incidentales.
2. Una aleación de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende 57-61 por ciento en peso de níquel.
- 10 3. Una aleación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende al menos 0,25 por ciento de silicio, preferentemente, al menos 0,50 por ciento en peso de silicio.
- 15 4. Una aleación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende al menos 0,40 por ciento en peso de manganeso, preferentemente, al menos 0,60 por ciento en peso de manganeso.
- 20 5. Una aleación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores que comprende al menos 0,25 por ciento en peso de silicio y al menos 0,40 por ciento en peso de manganeso.
6. Una aleación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende como máximo 10 por ciento en peso de hierro, preferentemente, como máximo 8 por ciento en peso de hierro.
7. Una aleación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende 4-6 por ciento en peso de hierro.
- 25 8. Una aleación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores que tiene un límite de elasticidad de 0,2 % de al menos 750 MPa, preferentemente al menos 850 MPa, a 20 ° Celsius.
9. Una pieza de fundición fundida a partir de una aleación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
- 30 10. Una pieza de fundición de acuerdo con la reivindicación 9 que es un impulsor de una máquina rotativa.
11. Un método para fabricar un impulsor de una máquina rotativa que comprende las etapas de:
- 35 - proporcionar una masa fundida de una aleación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-8,
- Introducir la masa fundida en un molde para producir una pieza de fundición,
- Extraer la pieza de fundido del molde tras la solidificación de la masa fundida,
- acabado de la pieza de fundido para producir el impulsor.
- 40 12. Un método de acuerdo con la reivindicación 11, donde se densifica la pieza de fundición solidificada aplicando una presión isostática de al menos 10 MPa.
- 45 13. Un método de acuerdo con la reivindicación 12, donde se densifica la pieza de fundición por presión isostática a una temperatura de al menos 700 °C.
14. Un impulsor para una máquina rotativa, en particular, para una bomba, fabricada con un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 11-13.