

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 690 590**

51 Int. Cl.:

<b>C21D 1/26</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/44</b>	(2006.01)
<b>F28F 19/00</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/50</b>	(2006.01)
<b>F28F 21/08</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/54</b>	(2006.01)
<b>F28D 20/00</b>	(2006.01)	<b>C21D 9/08</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/00</b>	(2006.01)		
<b>C21D 6/00</b>	(2006.01)		
<b>C21D 8/10</b>	(2006.01)		
<b>C22C 38/02</b>	(2006.01)		
<b>C22C 38/04</b>	(2006.01)		
<b>C22C 38/42</b>	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.07.2014 PCT/EP2014/064936**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **05.02.2015 WO15014592**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.07.2014 E 14738829 (2)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.08.2018 EP 3027783**

54 Título: **Cuerpo tubular de acero austenítico así como receptor solar**

30 Prioridad:

**30.07.2013 DE 102013214863**

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

**21.11.2018**

73 Titular/es:

**RIOGLASS SOLAR HOLDING, S.A. (100.0%)  
Pol. Ind. De Villallana, s/n  
33695 Pola de Lena, Asturias, ES**

72 Inventor/es:

**KUCKELKORN, THOMAS;  
BENZ, NIKOLAUS;  
KAMP, HANNO y  
SCHMIDT, MEIKE**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 2 690 590 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**

Cuerpo tubular de acero austenítico así como receptor solar

5 La presente invención se refiere a un cuerpo tubular de acero, en particular acero austenítico, para una sal fundida, en particular un tubo de absorbedor de un receptor solar con una sal fundida como portador de calor u otro conducto tubular para el transporte de una sal fundida, así como a un receptor solar de este tipo.

10 La generación de electricidad a partir de radiación solar es posible, entre otros, con centrales térmicas solares concentradoras. En este caso se diferencia entre sistemas concentradores de manera central, tal como por ejemplo centrales de torre, o sistemas concentradores de manera lineal, que se basan por ejemplo en la técnica de Fresnel o la técnica cilíndrica-parabólica.

15 Los receptores solares, por ejemplo para sistemas de receptor solar cilíndricos-parabólicos, por ejemplo para centrales térmicas solares, comprenden entre otros un tubo de acero como tubo de absorbedor y un tubo de vidrio como vaina tubular.

20 Los conductos tubulares, por los que fluye una sal fundida, deben utilizarse por ejemplo en centrales solares, en particular centrales solares cilíndricas-parabólicas o de Fresnel.

25 En una central solar de este tipo se concentra la energía de radiación del sol con ayuda de espejos parabólicos o espejos de Fresnel en el receptor. Un número de receptores se conectan en serie. La energía de radiación absorbida por el tubo de absorbedor del receptor se transforma en calor, se transfiere a un fluido portador de calor en el tubo de absorbedor y se transporta mediante el fluido portador de calor a un generador de vapor. Actualmente se utilizan como líquido portador de calor aceites sintéticos, en particular una mezcla de bifenil/difenil éter. Sin embargo, la temperatura de descomposición de esta mezcla de 400 °C predetermina la temperatura de funcionamiento máxima de la central.

30 Para hacer posibles temperaturas de funcionamiento mayores, que posibilitan una mayor eficacia de la central térmica solar, se requieren otros medios portadores de calor.

35 Sería ventajoso alcanzar una temperatura de aproximadamente 535 °C en la turbina de la central, dado que así se habría posible la conexión de la tecnología térmica solar con los componentes y las instalaciones utilizados hoy en día en las centrales convencionales. Debido a las pérdidas en el intercambiador de calor se necesita para ello una temperatura del medio de 550 °C. Debido a los gradientes de temperatura en la pared del tubo de absorbedor del receptor se requiere una temperatura de aproximadamente 580 °C en la superficie del tubo de absorbedor.

40 Para este propósito hay dos planteamientos de solución, por un lado la evaporación directa de agua en el receptor, la denominada tecnología de evaporación directa, por otro lado la denominada tecnología de sal fundida. En esta última tecnología se utilizan sales fundidas, en particular sales fundidas a base de nitrato, por ejemplo la denominada sal solar 60, una mezcla de nitrato de sodio y nitrato de potasio en una proporción de 60 con respecto a 40.

45 La tecnología de sal fundida tiene, con respecto a la tecnología de evaporación directa, la ventaja de que, aunque las sales fundidas todavía no se utilizan como portador de calor, sí se utilizan como medio acumulador de calor, por ejemplo en combinación con centrales térmicas solares basadas en aceite. La tecnología de sal fundida, en la que el medio portador de calor y el medio acumulador de calor son idénticos, tiene, con respecto a la tecnología basada en aceite con acumuladores salinos, la ventaja de que no tiene que tener lugar ninguna transmisión de calor sujeta a pérdida entre el portador y el acumulador.

50 Los aceros usados hasta la fecha para tubos de absorbedor en receptores solares y/o para otros conductos tubulares para centrales térmicas solares son, por ejemplo, los aceros con los números de material 1.4404, 1.4571 y 1.4541, pero también 1.4301.

55 La utilización de estos aceros está limitada, según la norma DIN EN 10217/7, a temperaturas de trabajo de hasta como máximo 400 °C o para el mencionado en último lugar hasta como máximo 300 °C, lo que es suficiente para los medios portadores de calor hasta la fecha, pero no es suficiente para dichas sales.

60 En el caso de temperaturas mayores no existe en particular la resistencia a la fluencia, dado que el acero entra en la región de deformación por fluencia, porque se carece de un momento que consolide la estructura austenítica. A las temperaturas deseadas de aproximadamente 580 °C comienza la sensibilización del material de trabajo a la corrosión intercrystalina tras aproximadamente 1500 h según el tratamiento previo que haya tenido lugar, por ejemplo recocido de solubilización o recocido de estabilización. Sin embargo, la duración de funcionamiento en horas habitual de una central térmica solar se encuentra por todo el tiempo de funcionamiento a aproximadamente 100 000 horas.

65

Se conocen también aceros más resistentes a la temperatura. Así, los aceros con los números de material 1.4941 y 1.4910 son aceros austeníticos resistentes al calor, que sin embargo no son resistentes a una sensibilización frente a la corrosión intercrystalina. Solo en el caso de la utilización por debajo de 400 °C no se modifican estos aceros en el plazo de 100 000 horas, de modo que en el caso de un ensayo según la norma EN ISO 3651-2 se comprueba que presentan sensibilidad frente a la corrosión intercrystalina.

Por el documento US 2012/0279607 A se conoce un acero de una amplia composición básica, que aunque se emplea para aplicaciones a altas temperaturas, desventajosamente no presenta una estabilización frente a la sensibilización.

Por el documento KR100276325 B1 se conoce un acero austenítico con resistencia al calor y resistencia a la corrosión intergranular mejoradas, que presenta un contenido de carbono y en titanio reducido y un contenido de nitrógeno adaptado al mismo. La composición del acero austenítico con una proporción de Ti/C de entre 5 y 8 presenta la siguiente composición: del 10 al 20 % en peso de Cr, del 8 al 15 % en peso de Ni, el 3 % en peso o menos de Mo, el dos por ciento en peso o menos de Mn, el 1 % en peso o menos de Si, el 0,025 % en peso o menos de C, del 0,1 al 0,2 % en peso de Ti y del 0,05 al 0,095 % en peso de N.

Se conoce otro acero austenítico por el documento FR 2.175.526 A1, que contiene entre el 18 % y el 10 % de níquel. El acero contiene opcionalmente molibdeno y está estabilizado con titanio y/o niobio. Contiene además del 0,002 al 0,015 % de boro. El acero se somete en lugar de ello a un tratamiento térmico a temperaturas de al menos 1200 °C y a un enfriamiento posterior rápido, con lo que se forman precipitaciones de carburos y carbonitruros. De este modo se aumenta el límite de elasticidad, sin empeorar la conformabilidad. A continuación se somete el acero a una conformación en frío y a un endurecimiento por precipitación posterior a de 600 a 800 °C.

Por tanto, la invención se basa en el objetivo de proporcionar cuerpos tubulares de materiales, que sean adecuados para alojar y para transportar líquidos calientes y oxidantes y que, en el caso de usar sales fundidas como medios portadores de calor, presenten la resistencia a las altas temperaturas requerida y también las demás propiedades necesarias para un funcionamiento de los tubos al aire libre, es decir expuestos a la intemperie.

Este objetivo se alcanza con el cuerpo tubular según la reivindicación principal.

Está compuesto de acero austenítico. Los aceros austeníticos son aceros no magnéticos, que debido a sus componentes de aleación cromo, manganeso y/o níquel conservan también a temperatura ambiente la estructura reticular espacial centrada en las caras de la austenita.

La composición del acero del cuerpo tubular según la invención comprende en una base en peso

- del 0,04 % al 0,05 % de C;
- del 0,01 % al 0,014 % de N;
- del 0,14 % al 0,16 % de Mo
- del 0,5 % al 0,6 % de Si;
- del 0,8 % al 0,85 % de Mn;
- del 0,02 % al 0,03 % de P;
- del 0,001 % al 0,002 % de S;
- del 18,0 % al 19,0 % de Cr;
- del 9,0 % al 12,0 % de Ni;
- del 0,0015 % al 0,003 % de B;
- del 0,2 % al 0,23 % de Cu;
- del 0,001 % al 0,007 % de Al;
- del 0,005 % al 0,013 % de Nb;
- del 0,05 % al 0,12 % de V;
- del 0,1 % al 0,19 % de Co;
- del 0,32 % al 0,4 % de Ti;

y contiene como resto Fe y dado el caso impurezas habituales.

La proporción de Ti/C asciende a al menos 6.

La alta proporción de Ti/C de al menos 6 tiene la ventaja de que existe una estabilización suficiente frente a la sensibilización.

Un contenido de Ti de desde el 0,24 % hasta el 0,64 % ofrece sus ventajas en particular cuando están previstos tiempos de funcionamiento largos a > 400 °C y se requieren tanto una estabilización como resistencias a la fluencia.

La presencia de carbono con dicha cantidad mínima aumenta ventajosamente la resistencia a la deformación por fluencia. Sin embargo, el contenido de C debe mantenerse reducido tal como se indica mediante el límite superior,

## ES 2 690 590 T3

para minimizar el peligro de la sensibilización a la corrosión intercrystalina que se produce por carburos de cromo.

El contenido de manganeso debe mantenerse reducido, para contrarrestar un envejecimiento prematuro de la capa de absorbedor en el tubo de receptor.

5 El contenido de cromo debe ser, tal como se describe con dichos límites, bastante alto, para estar lo más alejado posible del denominado límite de empobrecimiento de cromo, que se encuentra a aproximadamente el 12 %.

10 La presencia de molibdeno aumenta ventajosamente la resistencia a la fluencia y la resistencia a la corrosión. Sin embargo, el contenido de Mo debe mantenerse reducido, tal como se indica mediante el límite superior, para garantizar un acero económico.

15 La presencia de cobre aumenta ventajosamente la resistencia a la intemperie. Sin embargo, el contenido de Cu debe mantenerse reducido, tal como se indica mediante el límite superior, dado que contenidos demasiados altos reducen el alargamiento de rotura.

La presencia de titanio en dicha cantidad mínima sirve para la estabilización frente a la sensibilización.

20 El nitrógeno forma con el titanio nitruros de titanio, que conducen a un empeoramiento de la tenacidad, cuando las partículas formadas se vuelven demasiado grandes. Este es el caso cuando la proporción Ti/N es demasiado pequeña. Para aprovechar el efecto positivo del titanio se minimiza preferiblemente el contenido de nitrógeno.

La presencia de vanadio aumenta ventajosamente la resistencia a la fluencia.

25 La presencia de cobalto también aumenta ventajosamente la resistencia a la fluencia.

Igualmente, la presencia de boro en dicha cantidad mínima aumenta la resistencia a la fluencia y la resistencia al calor. Sin embargo, el contenido de boro está limitado a dicho límite máximo, dado que a contenidos mayores se reduciría la resistencia a la corrosión.

30 La presencia de nitrógeno aumenta la resistencia a la deformación por fluencia.

El contenido de manganeso bastante alto aumenta la resistencia y el límite de estiramiento.

35 La composición del acero austenítico, cuyos componentes solo varían en límites muy estrechos, combina de manera especialmente ventajosa las propiedades mecánicas de un acero resistente al calor. Al mismo tiempo cumple los requisitos de ser resistente a las sales de nitrato fundidas y a la intemperie, sin presentar las desventajas de una sensibilización.

40 En una forma de realización de la invención se modifica y se perfecciona en particular la composición de 1.4941 y 1.4910 dentro de las especificaciones de la norma DIN 10216-5 en el sentido de que, además de las propiedades conocidas para la misma, tiene lugar una estabilización especial frente a la corrosión intercrystalina.

45 El carbono es un fuerte formador de austenita y aumenta la resistencia a la formación de productos conformados durante el procesamiento del acero y la resistencia a la temperatura del acero. Manteniendo dicho límite superior de carbono se reduce el peligro de la formación y precipitación de carburos de cromo durante un tratamiento térmico, con lo que se reduce el peligro del empobrecimiento de cromo en los límites de grano del acero y la sensibilización a la corrosión intercrystalina asociada con ello, que debilitaría el tubo.

50 Para la mejora adicional frente a la corrosión intercrystalina puede sustituirse también una parte del carbono por nitrógeno.

El contenido de silicio en dicho intervalo mejora la resistencia a la corrosión frente a sales fundidas.

55 El manganeso es un formador de austenita. El contenido de manganeso y el porcentaje de boro en dichos intervalos contribuyen a la solidificación, al impedir la formación de precipitaciones en la zona de los límites de grano y aumentan la resistencia a la fluencia. Un contenido de manganeso reducido de hasta el 1 % en peso mejora la adherencia y la resistencia al envejecimiento del recubrimiento de absorbedor sobre el tubo de acero.

60 La presencia de fósforo y de azufre está limitada a dichos contenidos, para excluir en su mayor parte la influencia negativa de estos elementos de aleación sobre la deformabilidad del acero.

El cromo está presente en primera línea para mejorar la resistencia a la corrosión.

65 El níquel sirve como formador de austenita.

El titanio sirve como formador de carburos, para contrarrestar una sensibilización.

Mediante la proporción esencial para esta forma de realización de Ti con respecto a C, concretamente  $Ti/C$  de al menos 6, preferiblemente  $6 C \leq Ti \leq 8 C$ , se impide en su mayor parte la sensibilización a la corrosión intercrystalina, que muestran a altas temperaturas incluso los aceros conocidos estables a la temperatura, lo que conduciría entonces a corrosión en un entorno no libre de corrosión también a bajas temperaturas debido a la humedad y/o el contacto con sal, mientras que los aceros según la invención tampoco muestran ninguna corrosión a las altas temperaturas de funcionamiento requeridas y en contacto con sales fundidas y una exposición a la intemperie constante. Contenidos de titanio superiores a los mencionados conducirían a la formación de fases sigma, contenidos de titanio menores condujeron a una estabilización insuficiente.

Las posibles impurezas dependen de las sustancias de partida usadas durante la producción del acero. El experto en la técnica conoce las impurezas habituales y pueden ser, por ejemplo, Na y Mg. El experto en la técnica sabe producir de la manera habitual un acero de dicho intervalo de composición y procesarlo para dar un tubo de acero. Habitualmente, tras las etapas de procedimiento y de procesamiento de fundir un acero con una composición en dicho intervalo de composición y producir a partir del mismo en primer lugar mediante laminación en caliente, entonces mediante laminación en frío, bobinas con el grosor deseado, se moldea en frío una banda o chapa y a continuación se suelda mediante soldadura por fusión para dar el tubo definitivo. Tras esta etapa de procesamiento tiene lugar un recocido de solubilización, para hacer al menos parcialmente reversible la modificación de la estructura que tuvo lugar durante la deformación en frío y durante la soldadura, en particular la formación de carburos de cromo. Para contrarrestar la sensibilización y la corrosión intercrystalina que resulta de ello, resulta ventajoso que tras el recocido de solubilización se realice un recocido de estabilización a  $870\text{ }^{\circ}\text{C} - 950\text{ }^{\circ}\text{C}$  bajo atmósfera de gas inerte a lo largo de un periodo de tiempo de al menos 30 min.

Dado el caso, a la eliminación de la cascarilla restante le sigue una etapa de decapado. Además, siguen además las etapas de pulido, para alcanzar la calidad superficial requerida, y de limpieza.

La invención se explicará a modo de ejemplo mediante las siguientes figuras.

Muestran

la Figura 1, un extremo de receptor solar con tubo de absorbedor  
la Figura 2, un conducto tubular

En detalle:

En la Figura 1 se muestra esquemáticamente un extremo de un receptor solar 1 en corte. El receptor solar 1 presenta una vaina tubular 2 compuesta por vidrio y un tubo de absorbedor 3 dispuesto concéntricamente en la vaina tubular 2, que está recubierto en su lado externo con un recubrimiento selectivo para la radiación para la absorción de la radiación solar. El receptor presenta un dispositivo de compensación de la dilatación en forma de un fuelle 4. El extremo interno del fuelle 4 está unido a través de un elemento de conexión 5 con el tubo de acero 2 y el extremo externo del fuelle 4 a través de un elemento de transición de vidrio 6 con el tubo de vidrio 2.

El tubo de absorbedor 3 está compuesto por una composición del intervalo de composición reivindicado. El elemento de conexión 5 está compuesto por acero inoxidable, preferiblemente del mismo acero que el tubo de absorbedor 3. El elemento de transición de vidrio-metal 6 está compuesto por Kovar, y el fuelle 4 está compuesto por acero inoxidable. El vidrio de la vaina tubular es un vidrio de borosilicato recubierto de manera antirreflectante. El elemento de conexión y el tubo de acero según la invención están soldados entre sí de manera estanca a los gases.

Naturalmente, la invención no está limitada a esta configuración concreta de la unión de tubos. Son posibles uniones del tubo de acero en otras formas y con otros materiales. Los recubrimientos de absorbedor altamente eficientes habituales, tal como se conocen por ejemplo por el documento DE 10 2006 056 536 B3 o el documento DE 10 2008 010 199 A1, se adhieren suficientemente bien sobre el tubo de acero austenítico. También son posibles recubrimientos internos, por ejemplo de óxido de cromo.

La Figura 2 muestra la sección longitudinal de un tramo de conducto tubular. Además del tubo 7 y la sal fundida 8 se representa un conductor de calentamiento interno 9. También son posibles conductos tubulares correspondientes con conductores de calentamiento externos en lugar de un conductor de calentamiento interno.

Un tubo de acero de referencia (con contenido de Cr reducido) con la composición basado en el peso de

el 0,043 % de C;  
el 0,013 % de N;  
el 0,55 % de Si;  
el 0,82 % de Mn;  
el 0,022 % de P;

## ES 2 690 590 T3

5 el 0,001 % de S;  
el 17,01 % de Cr;  
el 9,00 % de Ni;  
el 0,0029 % de B;  
el 0,340 % de Ti;  
el 0,21 % de Cu;  
el 0,16 % de Mo

10 (siendo el resto Fe y dado el caso impurezas habituales) tiene las siguientes propiedades (en cada caso el valor medio de seis mediciones):

15 límite elástico a TA:  $R_{p0,2} = 352$  MPa;  $R_{p1,0} = 385$  MPa  
resistencia a la tracción  $R_m = 686$  MPa  
alargamiento de rotura a TA: longitudinalmente el 47,5 %

20 Mediante la proporción Ti/C = 7,9 existe una estabilización suficiente del acero con respecto a la sensibilización frente a la corrosión intercrystalina. También tras un envejecimiento térmico prolongado por encima de 400 °C la prueba de Strauss según la norma DIN EN ISO 3651-2 es negativa. En las mismas condiciones, un acero por lo demás igual, en particular con un contenido de C idéntico, que contiene menos del 0,258 % de Ti (y para ello más Fe), en el caso de un ensayo según la norma EN ISO 3651-2 muestra sensibilidad frente a la corrosión intercrystalina.

25 Los cuerpos tubulares según la invención son adecuados de manera excelente para su uso como tubos de absorbedor de un receptor solar con una sal fundida como portador de calor o como otros conductos tubulares para el transporte de una sal fundida, es decir como conductos tubulares que conducen presión, dado que resisten sin daños a las siguientes sollicitaciones:

30 utilización constante a temperaturas de hasta 580 °C,  
sollicitación por temperatura cíclica,  
sollicitación por presión,  
sollicitación química por sales fundidas,  
exposición a la intemperie, lo que significa humedad, estar empapado en agua, frío, aire que contiene sal,  
sollicitación mecánica.

35 Hacen esto, dado que presentan los siguientes valores para las magnitudes características de las propiedades mecánicas:

40 valores mínimos del límite elástico a TA:  $R_{p0,2} = 195$  MPa  $R_{p1,0} = 235$  MPa  
valores mínimos del límite elástico a 400 °C:  $R_{p0,2} = 123$  MPa  $R_{p1,0} = 162$  MPa  
valores mínimos del límite elástico a 550 °C:  $R_{p0,2} = 108$  MPa  $R_{p1,0} = 147$  MPa  
valor mínimo de la resistencia a la tracción  $R_m = 490$  MPa  
valores mínimos del alargamiento de rotura a TA: longitudinalmente el 35 %, transversalmente el 30 %  
valores mínimos del trabajo por resiliencia a TA: longitudinalmente 100 J, transversalmente 60 J.

45 Los aceros muestran, cuando fluye por los mismos sal de nitrato fundida, una erosión de material de menos de 30 µm por 4000 horas de funcionamiento simuladas a 550 °C.

50 el 0,043 % de C;  
el 0,013 % de N;  
el 0,55 % de Si;  
el 0,82 % de Mn;  
el 0,022 % de P;  
el 0,001 % de S;  
el 17,01 % de Cr;  
55 el 9,00 % de Ni;  
el 0,0029 % de B;  
el 0,340 % de Ti;  
el 0,21 % de Cu;  
60 el 0,16 % de Mo

(siendo el resto Fe y dado el caso impurezas habituales) tiene las siguientes propiedades (en cada caso el valor medio de seis mediciones):

65 límite elástico a TA:  $R_{p0,2} = 352$  MPa;  $R_{p1,0} = 385$  MPa  
resistencia a la tracción  $R_m = 686$  MPa  
alargamiento de rotura a TA: longitudinalmente el 47,5 %

## ES 2 690 590 T3

- 5 Mediante la proporción  $Ti/C = 7,9$  existe una estabilización suficiente del acero con respecto a la sensibilización frente a la corrosión intercrystalina. También tras un envejecimiento térmico prolongado por encima de  $400\text{ }^{\circ}\text{C}$  la prueba de Strauss según la norma DIN EN ISO 3651-2 es negativa. En las mismas condiciones, un acero por lo demás igual, en particular con un contenido de C idéntico, que contiene menos del  $0,258\%$  de Ti (y para ello más Fe), en el caso de un ensayo según la norma EN ISO 3651-2 muestra sensibilidad frente a la corrosión intercrystalina.
- 10 Los cuerpos tubulares según la invención son adecuados de manera excelente para su uso como tubos de absorbedor de un receptor solar con una sal fundida como portador de calor o como otros conductos tubulares para el transporte de una sal fundida, es decir como conductos tubulares que conducen presión, dado que resisten sin daños a las siguientes sollicitaciones:
- 15       utilización constante a temperaturas de hasta  $580\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  
solicitación por temperatura cíclica,  
solicitación por presión,  
solicitación química por sales fundidas,  
exposición a la intemperie, lo que significa humedad, estar empapado en agua, frío, aire que contiene sal,  
solicitación mecánica.
- 20 Hacen esto, dado que presentan los siguientes valores para las magnitudes características de las propiedades mecánicas:
- 25       valores mínimos del límite elástico a TA:  $R_{p0,2} = 195\text{ MPa}$   $R_{p1,0} = 235\text{ MPa}$   
valores mínimos del límite elástico a  $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ :  $R_{p0,2} = 123\text{ MPa}$   $R_{p1,0} = 162\text{ MPa}$   
valores mínimos del límite elástico a  $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ :  $R_{p0,2} = 108\text{ MPa}$   $R_{p1,0} = 147\text{ MPa}$   
valor mínimo de la resistencia a la tracción  $R_m = 490\text{ MPa}$   
valores mínimos del alargamiento de rotura a TA: longitudinalmente el  $35\%$ , transversalmente el  $30\%$   
valores mínimos del trabajo por resiliencia a TA: longitudinalmente  $100\text{ J}$ , transversalmente  $60\text{ J}$ .
- 30 Los aceros muestran, cuando fluye por los mismos sal de nitrato fundida, una erosión de material de menos de  $30\text{ }\mu\text{m}$  por 4000 horas de funcionamiento simuladas a  $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**REIVINDICACIONES**

5 1. Cuerpo tubular de acero austenítico para una sal fundida, en particular tubo de absorbedor de un receptor solar con una sal fundida como portador de calor u otro conducto tubular para el transporte de una sal fundida, con una composición del acero, que basado en el peso consiste en:

- 10 el 0,04 % - 0,05 % de C;
- el 0,01 % - 0,014 % de N;
- el 0,14 % - 0,16 % de Mo;
- el 0,5 % - 0,6 % de Si;
- el 0,8 % - 0,85 % de Mn;
- el 0,02 % - 0,03 % de P;
- el 0,001 % - 0,002 % de S;
- 15 el 18,0 % - 19,0 % de Cr;
- el 9,0 % - 12,0 % de Ni;
- el 0,0015 % - 0,003 % de B;
- el 0,2 % - 0,23 % de Cu;
- el 0,001 % - 0,007 % de Al;
- 20 el 0,005 % - 0,013 % de Nb;
- el 0,05 % - 0,12 % de V;
- el 0,1 % - 0,19 % de Co;
- el 0,32 % - 0,4 % de Ti;

25 siendo el resto Fe y dado el caso impurezas habituales.

2. Receptor solar con una sal fundida como portador de calor con un tubo de absorbedor de un cuerpo tubular de acuerdo con la reivindicación 1.

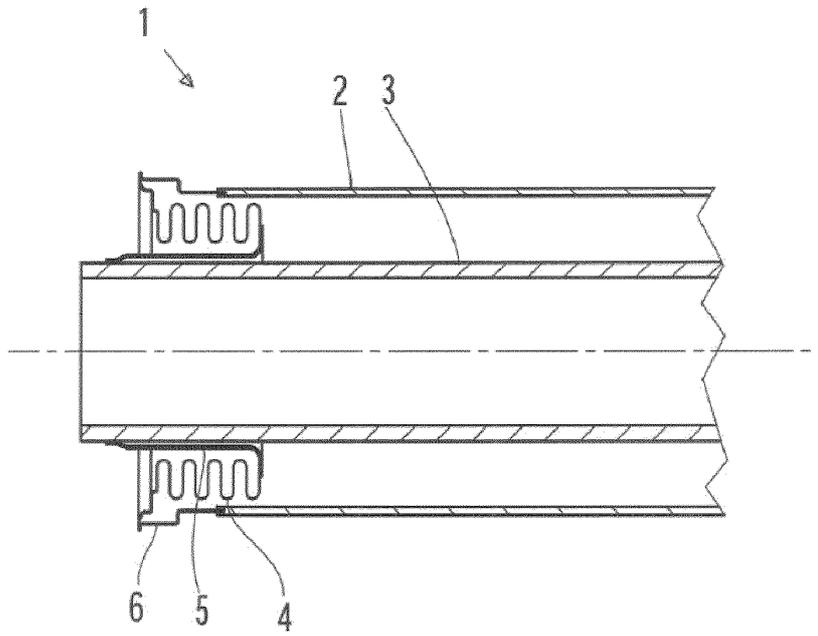


Fig 1

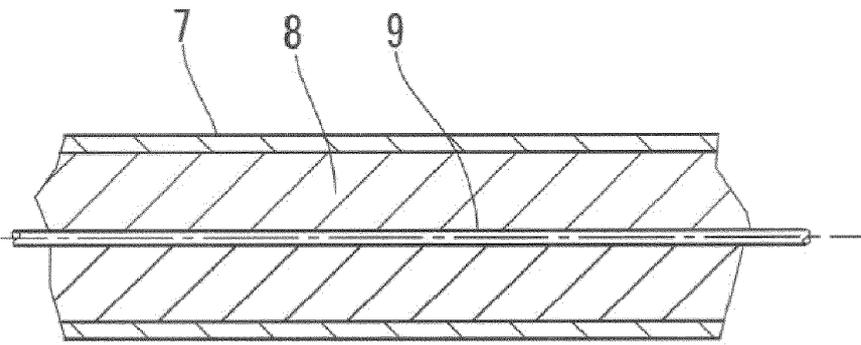


Fig. 2