

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 382 633**

51 Int. Cl.:  
**C22C 38/44** (2006.01)  
**C22C 38/46** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **04450192 .2**  
96 Fecha de presentación: **13.10.2004**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1529853**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **11.05.2005**

54 Título: **Uso de una aleación a base de hierro como material para componentes tubulares para intercambiadores**

30 Prioridad:  
**07.11.2003 AT 17832003**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**12.06.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**12.06.2012**

73 Titular/es:  
**BÖHLER Edelstahl GmbH & Co KG**  
**Mariazellerstrasse 25**  
**8605 Kapfenberg, AT y**  
**BHDT GmbH**

72 Inventor/es:  
**Zand, Johann;**  
**Schedelmaier, Johannes y**  
**Pözl, Manfred**

74 Agente/Representante:  
**Sanz-Bermell Martínez, Alejandro**

ES 2 382 633 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

La invención concierne al uso de una aleación a base de hierro para componentes tubulares para intercambiadores de calor de tubos en sistemas de alta presión de polietileno, que contiene los siguientes principales elementos de aleación en % en peso:

carbono (C)	de	0,22	a	0,29
cromo (Cr)	de	1,1	a	1,5
molibdeno (Mo)	de	0,3	a	0,6
níquel (Ni) dado el caso	de	3,3	a	3,7
vanadio (V)	de	0,05	a	0,15

5 además de elementos generadores de sulfuro y de óxido, así como elementos accidentales e impuros, resto hierro (Fe).

Además, la invención se refiere a un componente tubular para intercambiadores de calor de tubos en sistemas de alta presión de polietileno, formado mediante el uso de la aleación de hierro arriba indicada.

10 De la EP-A1-0 580 062 se conoce un procedimiento para la fabricación de chapa de blindaje de acero de un grosor de más de 50 mm con una elevada resistencia a los proyectiles en el que, tras un calentamiento pasante de un desbaste plano de colada continua, se reduce su temperatura superficial mediante refrigeración y se lamina en caliente con pasadas de conformación hasta conseguir el espesor de laminado final.

15 Como materiales para componentes que deben resistir a temperaturas más elevadas, p. ej. entre 300 y 400° C, y altas cargas mecánicas, como los intercambiadores de calor de tubos de instalaciones químicas con una presión interna de 3.000 bares y más, se suelen emplear aleaciones a base de hierro según DIN, material núm. 1.6604 o material núm. 1.6580 o bien material núm. 1.6586 así como material núm. 1.6926 o bien material núm. 1.6944 o material núm. 1.6952. Para crear la resistencia deseada del material, las piezas se austenizan y, desde la temperatura de austenización, se endurecen o enfrían bruscamente a una velocidad elevada de enfriamiento y a continuación se revienen, siguiéndole a menudo a esta bonificación térmica del material un tratamiento de atenuación de las tensiones a temperaturas de hasta la temperatura de revenido.

20 El aumento de la resistencia a la tracción del material generado mediante la bonificación por temple y revenido afecta también considerablemente a las demás propiedades mecánicas del material a temperatura ambiente y a temperaturas de trabajo más elevadas. Un incremento de la resistencia a la tracción por encima de un valor de entre 1.000 N/mm<sup>2</sup> y 1.100 N/mm<sup>2</sup> o más aumenta desproporcionadamente el límite elástico al 0,2 % del material a base de hierro, lo que afecta desventajosamente a la relación entre el límite elástico al 0,2 % (Rp<sub>0,2</sub>) y la resistencia a la tracción (Rm), que es característica para la seguridad del funcionamiento de dispositivos de alta presión. Dicho de otro modo, el límite elástico se aproxima a la resistencia a la tracción, mientras que el alargamiento de rotura y la resiliencia del material se reducen considerablemente y la tenacidad a la fractura disminuye decisivamente.

30 Por motivos de seguridad operacional en componentes a alta presión, en particular en los de las instalaciones de la industria química, los materiales antes mencionados se bonifican térmicamente sólo hasta alcanzar aquella resistencia en la que las propiedades elásticas y de tenacidad relacionadas del material se consideran suficientes o se corresponden con las normas. Una desventaja técnica para los sistemas es que se requiere un grosor de pared elevado en los componentes para alta presión, lo que dado el caso afecta a la cinética química de las sustancias químicas y hace que el rendimiento económico del reactor o del dispositivo sea bajo. Si, por ejemplo, los intercambiadores de calor de alta presión se dimensionan para conseguir valores de elasticidad y de tenacidad suficientes en el material, junto con la resistencia necesaria del mismo, también hay que dimensionar el grosor de pared con un valor elevado en función de la carga, lo que conlleva una penetración específica del calor reducida, por lo que se precisan reactores de paredes gruesas y grandes.

35 Una desventaja de los tubos de pared gruesa es conseguir el denominado principio de "fuga antes de la rotura", que debe cumplirse siempre en la tecnología de alta presión por motivos de seguridad. Dicho de otro modo, cuando en un reactor en funcionamiento crece una fisura en la pared del tubo, dicha fisura debe alcanzar primero la superficie exterior (= fuga) antes de que se produzca una rotura inestable. Los valores indicadores de una rotura inestable son, entre otros, las tenacidades críticas a la rotura como K<sub>Ic</sub> o J<sub>Ic</sub> o el valor crítico de la longitud de fisura ac. Estos valores característicos específicos del material dependen sobre todo de la tenacidad del mismo.

45 La invención tiene como objetivo eliminar estas deficiencias y su cometido es indicar una aleación a base de hierro del tipo mencionado al principio para su uso en componentes tubulares para intercambiadores de calor de tubos en sistemas de alta presión de polietileno con una resistencia elevada, junto con valores de elasticidad y tenacidad elevados del material.

Otro objetivo de la invención es crear un componente tubular para intercambiadores de calor de tubos de sistemas de alta presión de polietileno con propiedades de uso mejoradas y/o los mismos criterios de seguridad, formado mediante el uso de la aleación a base de hierro antes mencionada, con una elevada resistencia y, al mismo tiempo, valores favorables de elasticidad y tenacidad.

- 5 El cometido se resuelve según la invención mediante el uso de una aleación a base de hierro conforme a la reivindicación 1.

10 Las ventajas conseguidas con la invención residen básicamente en que, mediante el ajuste o maximizando el contenido de ciertos elementos y/o grupos de elementos en el material, se posibilita la preparación de una microestructura mediante el bonificado térmico, que aporta tanto una elevada resistencia del material como una tenacidad considerablemente mejor y valores de elasticidad más ventajosos.

Como saben los expertos en la materia y según el estado actual de la técnica, la disminución de la concentración de elementos impuros en una aleación afecta a las propiedades del material y a menudo puede mejorar algunos de ellos. Sin embargo, las aleaciones muy puras tienden a la formación de grano grueso al efectuar un tratamiento térmico, lo que puede afectar negativamente a ciertos valores del material.

15 Durante la realización de trabajos de desarrollo, se hizo el sorprendente hallazgo de que, en la técnica de la aleación, al disminuir o fijar las concentraciones de algunos elementos o grupos de elementos se puede lograr una microestructura ventajosa tras un bonificado térmico del acero según la invención, consiguiéndose comparativamente, incluso con valores elevados de dureza del material, valores considerablemente mejorados de elasticidad, estricción y tenacidad del material. No obstante, aún no se ha podido aclarar científicamente el origen de estas mejoras bruscas de forma concluyente, pero se sospecha que estos cambios discontinuos de las propiedades se deben a que se evitan los fenómenos de fragilidad por revenido y/o se impide la precipitación en los bordes de grano al atenuar las tensiones de la pieza a temperaturas más elevadas.

20 A continuación se exponen con más detalle los elementos presentes en la aleación según la invención, estando los principales elementos de aleación ajustados entre sí en cuanto a acción cinética en relación con una bonificación térmica.

25 El carbono se disuelve durante el calentamiento en la región de austenita de la aleación en solución sólida y, al enfriarse bruscamente, genera una tensión en la red cristalina y, con ello, un endurecimiento del material. En la aleación según la invención se precisa un contenido de C de al menos el 0,22 % en peso para lograr una dureza del material de al menos 1.100 N/mm<sup>2</sup> al realizar el temple y revenido. Si la concentración de carbono supera el 0,29 % en peso, puede haber carburos más estables en el material y que éste presente valores de tenacidad más bajos, de modo que se prevé un contenido en un rango de límites estrechos de entre el 0,22 y 0,29 % en peso de C.

30 El cromo fija básicamente carburos Cr<sub>23</sub>C<sub>6</sub>, Cr<sub>7</sub>C<sub>3</sub> y Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub> dependiendo de la concentración de los elementos e influye en gran medida en los parámetros de endurecimiento del material. Para alcanzar el perfil deseado de las propiedades del material, un 1,1 como mínimo pero un 1,5 % en peso como máximo de Cr favorece la formación deseada de carburos y carburos mixtos.

35 El molibdeno reduce la susceptibilidad a la fragilidad por revenido, es un formador de carburos más potente que el cromo y el hierro y debe estar presente en el acero de forma equilibrada con el Cr, con un contenido de al menos el 0,3 % en peso, para tener un efecto aumentador del temple al bonificar la pieza. Ventajosamente, se precipitan carburos finos de Mo y carburos mixtos durante el revenido, hasta un contenido de Mo del 0,6 % en peso, lo que favorece la ductilidad del material con un temple más elevado del mismo.

40 El níquel influye básicamente en la templabilidad del material y actúa potenciando la tenacidad. Los contenidos de níquel inferiores al 3,3 % en peso son poco efectivos, mientras que las concentraciones de níquel superiores al 3,7 % en peso tienen un efecto demasiado fuerte de estabilización de la austenita, por lo que el margen de contenido de níquel en la aleación debe ser estrecho.

45 Puede estar prevista la presencia de vanadio en el material en contenidos de entre el 0,05 y el 0,15 % en peso. El vanadio, un formador de carburos muy fuerte, actúa, como elemento de microaleación, refinando el grano y, mediante una precipitación secundaria de carburo extremadamente fina, aumentando la templabilidad durante el revenido tras el temple en una gama de temperatura de entre 450 y 560° C. Los contenidos superiores al 0,15 % en peso de V pueden afectar de forma indeseada a la templabilidad y reducir la tenacidad del material.

50 La aleación a base de hierro que se emplea según la invención para piezas tubulares para intercambiadores de calor en sistemas de alta presión de polietileno presenta, además de los elementos principales de la aleación, restos de hierro y elementos accidentales, así como elementos impuros.

Un grupo de estos elementos accidentales e impuros son los elementos Mn, Co, Cu y W que están depositados en la solución sólida.

- 5 El manganeso afecta a la templabilidad del acero, liga los restos de contenido de azufre y está previsto ventajosamente en el acero en una concentración de entre el 0,15 y 0,5 % en peso. Los contenidos más bajos pueden producir una actividad del azufre demasiado reducida, lo que aumenta el riesgo de rotura y afecta negativamente al perfil de propiedades. Aunque el Co, Cu y W son elementos que pueden estar depositados en ciertas cantidades en solución sólida, afectan de forma extremadamente negativa a la relación  $R_{p0,2} / R_m$  en concentraciones superiores al 0,31 % en peso.
- Cuando existe una resistencia elevada a la tracción, el valor del límite elástico al 0,2 % del material aumenta bruscamente en contenidos totales (Co, Cu y W) superiores a 0,31, lo que da como resultado una relación desventajosa de más de 0,95.
- 10 Las impurezas azufre y fósforo producen en contenidos descendentes la mejora de las propiedades mecánicas del material que esperaría un especialista; sin embargo, para conseguir el perfil exigido y extremadamente elevado de las propiedades del material bonificado, no deberían sobrepasar los valores de 0,003 % en peso de S y 0,005 % en peso de P, siendo la concentración total máxima del 0,006 % en peso.
- 15 El oxígeno disuelto en el acero es retenido mediante elementos generadores de óxido, formándose inclusiones de óxido que empeoran las propiedades del material, en particular su tenacidad y su elasticidad. Los productos de oxidación tampoco se pueden eliminar completamente de la aleación mediante procesos de refusión, así que su contenido de oxígeno debería ser como máximo de un 0,0038 % en peso.
- 20 Para obtener otros valores positivos en las propiedades al realizar la fusión, mecanizado y bonificación previstos del material a la máxima dureza, es importante ajustar los elementos generadores de óxido a los contenidos previstos, a fin de conseguir, por un lado, la desoxidación completa bajo la formación de óxidos mixtos ventajosos con dispersión ultrafina y, por otro lado, eliminar con seguridad una precipitación en los bordes de grano que podría provocar una reducción brusca de la tenacidad. Es especialmente importante aquí el contenido de Ca y Mg, que en total debería estar en una gama de hasta el 0,0008 % en peso.
- 25 Con respecto a un efecto ventajoso del V, se comprobó sorprendentemente que los demás elementos formadores de monocarburos Ti, Nb, Zr y Hf inciden generalmente de forma negativa en la tenacidad y sensibilidad a la rotura frágil del material bonificado a una alta resistencia, por lo que la concentración total máxima de estos elementos en la aleación debería ser como máximo de un 0,01 % en peso.
- 30 Cuando, como está previsto según la invención, los elementos de precipitación en los bordes de grano As, Bi, Sb, Sn, Zn y B están presentes en la aleación con un contenido total inferior al 0,015 % en peso, en el material bonificado se da una ductilidad suficiente incluso con elevados valores de dureza del mismo. Pero si se rebasa este valor de la concentración total, se favorece una tendencia a la rotura frágil sin deformación.
- Aunque los formadores potentes de nitruros presentan contenidos bajos en la aleación según la invención, se precisa una concentración total máxima de N + H del 0,01 % en peso, ventajosamente del 0,008 % en peso, para poder alcanzar el nivel de propiedades deseadas del material.
- 35 Cuando el material está conformado en caliente mediante forjado o laminado y presenta un grado de deformación superior a  $\times 4,1$ , se pueden lograr tras una bonificación térmica de un tubo altos valores de resistencia y, al mismo tiempo, unas propiedades de tenacidad mejoradas a una temperatura de trabajo de 350° C.
- 40 Se puede conseguir otro aumento del nivel alcanzable en las propiedades de las piezas tubulares al utilizar la aleación según la invención cuando se dan una o varias concentraciones por separado y contenidos totales de los elementos en % en peso de:

Mn	= MÍN. 0,15	MÁX. 0,4
Co + Cu + W		= MÁX. 0,24
S		= MÁX. 0,0008
S + P		= MÁX. 0,005
O		= MÁX. 0,0011
Si	= MÍN. 0,1	MÁX. 0,2
Al	= MÍN. 0,005	MÁX. 0,018
Ca + Mg	= MÍN. 0,0001	MÁX. 0,0006
Ti + Nb + Ta + Zr + Hf	= MÍN. 0,001	MÁX. 0,008

## ES 2 382 633 T3

As + Bi + Sb + Sn + Zn + B = MÁX. 0,01

N + H = MÁX. 0,008

Ventajosamente, la aleación se fabrica mediante un procedimiento metalúrgico en la cuchara y/o utilizando el proceso de refusión con electroescorias y/o el proceso de refusión en horno de arco al vacío, porque este modo de producción también minimiza la segregación en los lingotes y crea con ello los requisitos previos para conseguir propiedades del material básicamente iguales en la dirección longitudinal y transversal de la pieza.

- 5 El otro objetivo de la invención se consigue en un componente tubular para intercambiadores de calor en sistemas de alta presión de polietileno conforme a la reivindicación 4.

- 10 Aprovechando la alta resistencia del material se puede reducir el espesor de pared de los componentes tubulares, porque el límite elástico al 0,2 % a temperatura ambiente y a una temperatura de trabajo de 320° C queda a bastante distancia del valor de resistencia y, con ello, se consigue una alta protección del componente tubular contra la rotura frágil. Los espesores de pared más finos, por ejemplo en un intercambiador de calor, producen también una penetración específica del calor más elevada, de modo que el reactor produce el mismo rendimiento con unas dimensiones considerablemente más reducidas o un rendimiento más elevado en un reactor del mismo tamaño. Aquí es especialmente importante el principio de "fuga antes de la rotura".

- 15 Conforme a la invención, está previsto aquí que las propiedades mecánicas presenten los siguientes valores, medidos en la dirección de la extensión longitudinal y/o transversalmente a la extensión longitudinal del componente tubular:

alargamiento de rotura A5	> 16/14 %
alargamiento de rotura A4	> 18/16 %
estricción de rotura Z	> 55/45 %
resiliencia AV (RT)	> 80/60 J
resiliencia AV (-40° C)	> 50/40 J

- 20 Cuando el componente tubular, en un intercambiador de calor de tubos en sistemas de alta presión de polietileno, está bonificado a una resistencia a la tracción superior a 1.170 N/mm<sup>2</sup>, presenta un límite elástico al 0,2 % superior a 1.060 N/mm<sup>2</sup> y, a 320° C, un límite elástico al 0,2 % superior a 920 N/mm<sup>2</sup>, es posible reducir aún más el grosor de pared de los componentes para alta presión, lo que puede aportar considerables ventajas no solo técnicas en el sistema sino también en cuanto a cinética química.

Según la invención, las propiedades mecánicas del material antes mencionado, más resistente, son las siguientes, medidas en la dirección de la extensión longitudinal y transversalmente respecto a la extensión longitudinal del componente tubular:

alargamiento de rotura A5	> 15/14 %
alargamiento de rotura A4	> 17/16 %
estricción de rotura Z	> 55/45 %
resiliencia AV (RT)	> 80/60 J
resiliencia AV (-40° C) >	50/35 J

- 25 Se consigue una seguridad especialmente elevada contra la avería, en particular contra la aparición de una rotura frágil, con una relación en el material de límite elástico al 0,2 % partido por una resistencia a la tracción inferior a 0,94, preferentemente inferior a 0,92.

Según la invención, el componente tubular presenta preferentemente una tenacidad a la fractura J<sub>1C</sub> del material superior a 150 kJ/m<sup>2</sup>, medida según la norma ASTM E 813.

- 30 Un elemento esencial del componente tubular según la invención es la selección o ajuste del factor de intensidad de esfuerzos para cumplir el principio de "fuga antes de la rotura" a una presión interior elevada.

A continuación se explica la invención con mayor detalle sobre la base de los resultados de ensayos.

- 35 En la tabla 1 se especifica la composición química de dos materiales utilizados según la invención. Las masas fundidas se sometieron a un proceso metalúrgico en la cuchara y se vaciaron formando electrodos respectivamente. El lingote del lote H 75142 se refundió en horno de arco al vacío y se siguió conformando en una máquina de forja longitudinal x 5,85 hasta formar una barra con un diámetro de 200 mm, de la que se fabricaron tubos para un intercambiador de calor de un

reactor de polietileno. La bonificación térmica del material del tubo se efectuó hasta conseguir una resistencia Rm de aproximadamente 1.250 MPa.

El lingote del lote G 53227 se fabricó mediante el proceso de refusión con electroescorias. La transformación en tubos para intercambiador de calor se efectuó del mismo modo que en el lingote refundido por arco al vacío.

- 5 La fig. 1 muestra los puntos de la barra transformada de un diámetro de 190 mm de los que se sacaron las muestras. Las equivalencias son: 2 = ensayos de tracción, 3 = ensayos de resiliencia, 4 = ensayos especiales.

En la tabla 2 se indican los valores mecánicos característicos medidos en el material de la barra.

- 10 La indicación "ZVF" significa ensayo de tracción con determinación del alargamiento mediante extensómetro; "ZVW" significa ensayo de tracción en caliente a 320° C. "KR" indica una prueba de resiliencia a temperatura ambiente; "KK" son los valores de resiliencia a bajas temperaturas, en este caso a -23° C. Para satisfacer los altos requisitos de seguridad, la resiliencia del material se comprobó mediante tres muestras.

La denominación A5 significa la longitud de ensayo utilizada, en concreto 5 veces el diámetro de la muestra.

- 15 La tabla 2 muestra una comparativa de los valores medidos de las mejoras de las propiedades del material según la invención y, en comparación con el estado actual de la técnica, le muestra al experto el avance técnico en cuanto a un aumento del nivel de las propiedades de los materiales para componentes a alta presión, en particular para intercambiadores de calor de tubos para sistemas de la industria química.

Los mecanismos de acción que llevan a las mejoras de las propiedades del material altamente bonificado según la invención se confirmaron mediante extensos análisis.

- 20 La fig. 2 muestra en este contexto la dependencia existente entre el alargamiento al 2 % y la concentración total de los elementos (Co + Cu + W) y la fig. 3 muestra los valores de alargamiento de rotura en función de la concentración total de los elementos contenidos (As + Bi + Sb + Sn + Zn + B).

En la fig. 2 se aprecia claramente el aumento brusco de los valores de alargamiento al 2 % del material cuando éste presenta concentraciones más elevadas de (Co + Cu + W).

La reducción del alargamiento de rotura está relacionada con contenidos aumentados de (As + Bi + Sb + Zn + B).

25

Tabla 1

Elemento químico	H75142	G53227
C:	0,25	0,23
Cr:	1,27	1,37
Mo:	0,43	0,43
Ni:	3,43	3,42
V:	0,10	0,093
Mn:	0,31	0,32
Co:	0,05	0,02
Cu:	0,02	0,02
W:	0,02	0,05
Co+Cu+W:	0,09	0,09
S:	0,0005	0,0006
P:	0,003	0,003
S+P:	0,0035	0,0036
O:	0,0009	0,0011

ES 2 382 633 T3

Si:	0,19	0,18
Al:	0,014	0,011
Ca:	0,0002	0,0002
Mg:	0,0002	0,0002
Ca+Mg:	0,0004	0,0004
Ti:	0,001	0,001
Nb:	0,001	0,001
Ta:	0,002	0,002
Zr:	0,002	0,002
Hf:	--	
Ti+Nb+Ta+Zr+Hf :	0,006	0,006
As:	0,0032	0,0029
Bi:	0,0005	0,0005
Sb:	0,0005	0,0007
Sn:	0,004	0,0036
Zn:	0,0005	0,0017
B:	0,0005	0,0005
As+Bi+Sb+Sn+Zn+B:	0,0092	0,0099
N:	0,0045	0,0081
H:	0,00005	0,00008
N+H:	0,00455	0,00818

*Tabla 2*

	ESU G53227	VLBO H75142
ZVF-exterior/longitudinal		
Rp0.2 (Mpa)	1157	1158
Rm (Mpa)	1258	1267
Rp0.2/Rm	0,920	0,914
A5(%)	16	17
Z(%)	63	66
ZVF-interior/longitudinal		
Rp0.2 (Mpa)	1159	1190
Rm (Mpa)	1259	1284
Rp0.2/Rm	0,921	0,927
A5(%)	16	16

ES 2 382 633 T3

Z(%)	66	68
ZVF-exterior/transversal		
Rp0.2 (Mpa)	1170	1163
Rm (Mpa)	1270	1275
Rp0.2/Rm	0,911	0,912
A5(%)	14	16
Z(%)	57	63
ZVF-interior/transversal		
Rp0.2 (Mpa)	1134	1144
Rm (Mpa)	1245	1246
Rp0.2/Rm	0,911	0,918
A5(%)	14	15
Z(%)	57	59
ZVW 320°C-exterior/longitudinal		
Rp0.2 (Mpa)	987	995
Rm (Mpa)	1126	1144
A5(%)	18	19
Z(%)	70	69
ZVW 320°C-interior/longitudinal		
Rp0.2 (Mpa)	1028	1025
Rm (Mpa)	1154	1162
A5(%)	17	20
Z(%)	71	69
KR-RT (J)		
Exterior / longitudinal	89/100/97	97/105/109
Interior / longitudinal	91/92/90	95/93/96
Exterior / transversal	86/83/83	99/88/92
Interior / transversal	82/85/82	95/93/85
KK-23°C (J)		
Exterior / longitudinal	64/70/68	69/72/79
Interior / longitudinal	60/65/57	79/78/81
Exterior / transversal	56/65/64	76/75/75
Interior / transversal	55/51/55	69/74/77

**REIVINDICACIONES**

1. Uso de una aleación a base de hierro como material para componentes tubulares para intercambiadores de calor de tubos en sistemas de alta presión de polietileno, que contiene los principales elementos de aleación en % en peso siguientes:

carbono (C)	entre	0,22	y	0,29
chromo (Cr)	entre	1,1	y	1,5
molibdeno (Mo)	entre	0,3	y	0,6
níquel (Ni) dado el caso	entre	3,3	y	3,7
vanadio (V)	entre	0,05	y	0,15

5 además de elementos generadores de sulfuro y de óxido, así como elementos accidentales e impuros, presentando sus concentraciones individuales y contenidos totales para grupos de elementos de acción similar ciertos valores en porcentaje en peso, en concreto los siguientes:

- elementos depositables en solución sólida:

manganeso (Mn)		= MÍN. 0,15	MÁX 0,5
cobalto (Co)			
cobre (Cu)	<u>Co + Cu + W</u>		MÁX 0,31
wolframio (W)			

- elementos impuros:

azufre (S)		= MÁX 0,003
fósforo (P)		= MÁX 0,005
azufre (S) + fósforo (P)	<u>S + P</u>	= MÁX 0,006

10 - oxígeno (O)

= MÁX 0,038

- elementos formadores de óxido:

silicio (Si)		= MÍN. 0,1 MÁX. 0,25
aluminio (Al)		= MÍN. 0,008 MÁX. 0,02
calcio (Ca)		= MÍN. 0,0001 MÁX. 0,0008
magnesio (Mg)		= MÍN. 0,0001 MÁX. 0,0006
calcio (Ca) + magnesio (Mg)	<u>Ca + Mg</u>	= MÁX. 0,0008

- elementos formadores de monocarburos:

titanio (Ti)		
niobio (Nb)		
tantalio (Ta)	<u>Ti + Nb + Ta + Zr + Hf</u>	= MÁX. 0,01
circonio (Zr)		
hafnio (Hf)		

- elementos de precipitación en los bordes de grano:

arsénico (As)
bismuto (Bi)

## ES 2 382 633 T3

antimonio (Sb)     As + Bi + Sb + Sn + Zn + B     = MÁX. 0,015

estaño (Sn)

cinc (Zn)

boro (B)

- gases:

nitrógeno (N)

hidrógeno (H)     N + H     = MÁX. 0,01

preferentemente     = MÁX. 0,008

- resto hierro (Fe)

2. Uso de una aleación a base de hierro según la reivindicación 1 con una o varias concentraciones individuales y contenidos totales de los elementos en peso % de:

Mn	= MÍN. 0,15	MÁX. 0,4
Co + Cu + W		= MÁX. 0,24
S		= MÁX. 0,0008
S + P		= MÁX. 0,005
O		= MÁX. 0,0011
Si	= MÍN. 0,1	MÁX. 0,2
Al	= MÍN. 0,005	MÁX. 0,018
Ca + Mg		MÁX. 0,0006
Ti + Nb + Ta + Zr + Hf	= MÍN. 0,001	MÁX. 0,008
As + Bi + Sb + Sn + Zn + B		= MÁX. 0,01
N + H		= MÁX. 0,008

5 3. Uso de una aleación a base de hierro según una de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado por que** el material está conformado en caliente y presenta un grado de deformación superior a x 4,1.

10 4. Componente tubular para intercambiador de calor en sistemas de alta presión de polietileno, formado mediante el uso de una aleación a base de hierro según una de las reivindicaciones anteriores, estando el componente bonificado a una resistencia a la tracción Rm del material superior a 1.100 N/mm<sup>2</sup>, un límite elástico al 2 % superior a 1.000 N/mm<sup>2</sup> y un límite elástico al 0,2 % a 320° C superior a 880 N/mm<sup>2</sup>:

Rm (RT)	> 1.100 N/mm <sup>2</sup>
Rp 0,2 (RT)	> 1.000 N/mm <sup>2</sup>
Rp 0,2 (320° C)	> 800 N/mm <sup>2</sup>

5. Componente tubular para intercambiadores de calor en sistemas de alta presión de polietileno, formado mediante el uso de una aleación a base de hierro conforme a una de las reivindicaciones de la 1 a la 3, estando el componente bonificado a una resistencia a la tracción Rm del material superior a 1.170 N/mm<sup>2</sup>, un límite elástico al 2 % superior a 1.060 N/mm<sup>2</sup> y un límite elástico al 0,2 % a 320° C superior a 920 N/mm<sup>2</sup>:

Rm (RT)	> 1.170 N/mm <sup>2</sup>
Rp 0,2 (RT)	> 1.060 N/mm <sup>2</sup>
Rp 0,2 (320° C)	> 920 N/mm <sup>2</sup>

15 6. Componente tubular según la reivindicación 4, cuyas propiedades mecánicas presentan los siguientes valores, medidos en la dirección de la extensión longitudinal y/o transversalmente a la extensión longitudinal del componente tubular:

## ES 2 382 633 T3

alargamiento de rotura A5	> 16/14 %
estricción de rotura Z	> 55/45 %
resiliencia AV (RT)	> 80/60 J
resiliencia AV (-40° C)	> 50/40 J

7. Componente tubular 1 según la reivindicación 5, cuyas propiedades mecánicas presentan los siguientes valores, medidos en la dirección de la extensión longitudinal y/o transversalmente a la extensión longitudinal del componente tubular:

alargamiento de rotura A5	> 15/14 %
estricción de rotura Z	> 55/45 %
resiliencia AV (RT)	> 80/60 J
resiliencia AV (-40° C)	> 50/35 J

5 8. Componente tubular según una de las reivindicaciones de la 4 a la 7 con una relación del material de límite elástico al 0,2 % partido por una resistencia a la tracción inferior a 0,94, preferentemente inferior a 0,92

$R_{p0,2} / R_m < 0,94$ , preferentemente  $< 0,92$ .

9. Componente tubular según una de las reivindicaciones de la 4 a la 8 con una tenacidad a la fractura  $J_{1C}$  del material superior a 150 kJ/m<sup>2</sup>, medida según la norma ASTM E 813

$J_{1C} > 150 \text{ kJ/m}^2$

10 10. Componente tubular según una de las reivindicaciones de la 4 a la 9 en el que se cumple el principio de “fuga antes de la rotura”, es decir: el factor de intensidad de esfuerzos actual es menor que el factor de intensidad de esfuerzos crítico del material de la pared de tubo.

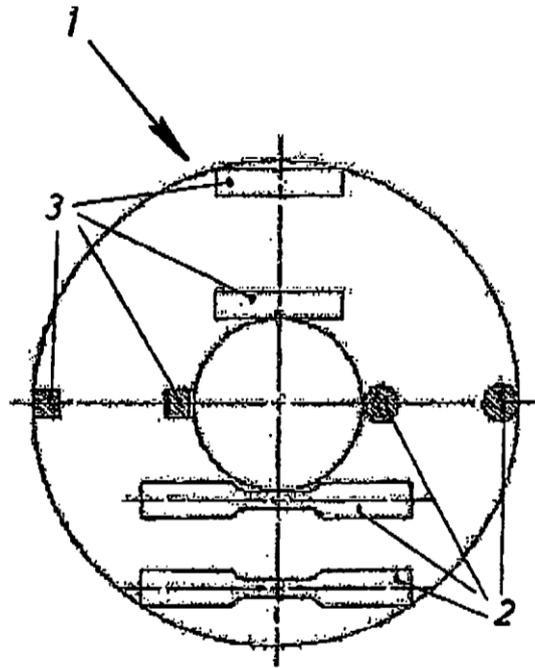


Fig. 1

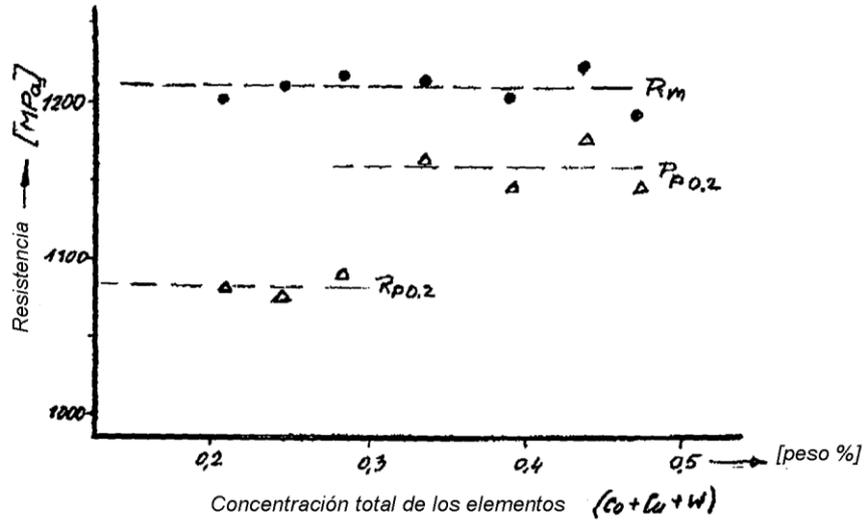


Fig. 2

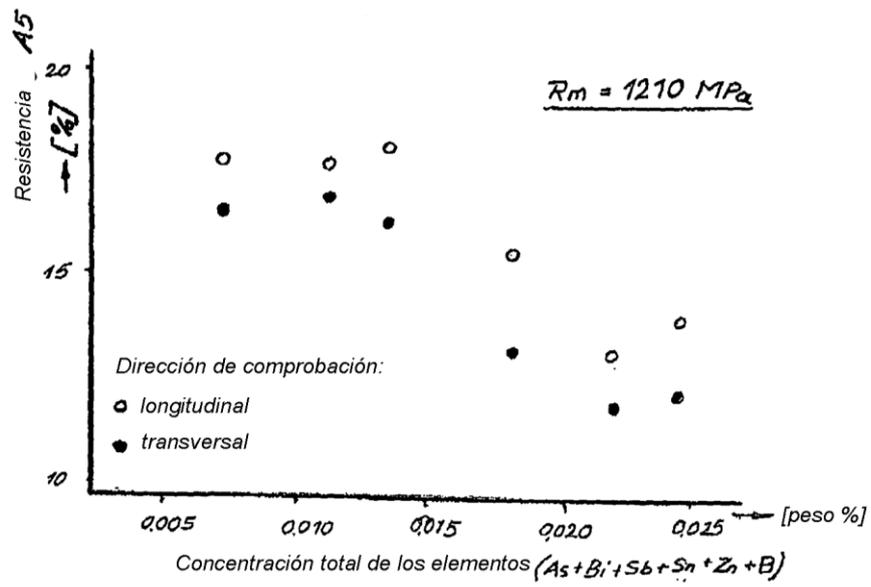


Fig. 3